निर्म्माण विद्या

द्वितीयभाग

सड़क और पुल निर्म्माण

श्रीनवीनचन्द्रराय कृत

पञ्जाब महाविद्यालय के
निमित्त प्रकाशित

लाहोर

सन् १८८२ ईसवी

अञ्जुमन पञ्जाब प्रेसमे मुद्रित

प्रथमबार
५०० प्रत

मूल्य १)

भूमिका

यह पुस्तक निर्माणविद्या का, जो श्रीमन्म-
हाराज जम्बू काश्मीराधिपति के निमित्त प्रका-
शित हुई थी, द्वितीय प्रकरण है। इसका विषय
रुड़की इञ्जिनियरिङ्ग कालेज की सड़क और
पुल विषयक अङ्गरेज़ी पुस्तकों से लियागया है।
अब यह पञ्जाब महाविद्यालय के विद्यार्थी ग-
णों के निमित्त "पञ्जाबयुनिवर्सिटि" के व्य-
य से मुद्रित और प्रकाशित हुई है। इसके पीछे
तीसरा प्रकरण नहरों का प्रकाशित होगा।

निर्म्माण विद्या

द्वितीय भाग

(रीति प्रकरण)

प्रथम अध्याय

साधारण पथ[1] बनाने की रीति

मार्ग[2] निरूपण

१। सड़क बनाने में सबसे पहिला विचार यह है कि जहांतक होसके वह सीधी हो, क्योंकि सीधी सड़क की लम्बाई अल्पतम होती है, और पथ की लम्बाई जितनी अल्प हो उतनाहि पथिक को परिश्रम, समय और अर्थ बचता है, और पथ के निर्म्माण और संस्कार के व्यय का भी लाघव होता है। परन्तु वस्तुतः सड़क सम्पूर्ण सीधी प्रायशः बनाई नहि जाती। इसके कई हेतु हैं; प्रथमतः सड़क को सम्पूर्ण सीधी करने से यदि मार्गस्थ प्रधान २ नगर छूट जांय, अर्थात दूर २ रहजांय, तो सड़क का एक प्रधान उद्देश्य जो एक नगर से नगरान्त-

(१) Road (२) route

र से जाने आनेका सौकर्य्य है वह खर्च्च होता है, इस निमित्त मार्ग के अनाधिक दूरस्थ नगरों को परस्पर संयोजित करने के निमित्त सड़क को किञ्चित वक्र करना उचित समझा जाता है; यथा, लाहोर से रावलपिण्डी तक सड़क बनाने की आवश्यकतामे, यदि उसे सम्पूर्ण सीधी करने से गूजरां वाला, गुजरात, जेलम प्रभृति नगर छूट जांय तो वैसी सड़क से वह किञ्चिद्वक्र सड़क अधिक उपकारी होगी जो इन नगरों को परस्पर मिलावे अर्थात् इन्के पास होकर जाय; परन्तु जो नगर सीधे मार्ग से बहुत दूर हों जैसे प्रस्तावित सड़क से स्यालकोट उन्के लिये सड़क को बहुत वक्र करना उचित नहि, तन्निमित्त एक शाखा पथ के निर्माण सेहि कार्य्यसिद्धि होसकती है।

द्वितीय; सीधे मार्ग मे यदि ऊंचे पहाड़ आजावें तो पहाड़ के ऊपर से सड़क लेजाने की अपेक्षा उसके पार्श्व से लेजाने मे यदि सड़क कुछ वक्र भी हो जाय पर चढ़ाई बचे तो वह अच्छी है, क्योंकि उस उंचाई पर वाहन प्रभृति खैंचने के निमित्त पथिकों को या तो जहांसे वे चले हैं वहांसेहि बोझ न्यून करना पड़ेगा या चढ़ाई के पास पहुंच कर इन्हें वा ऐसा अधिक वाहक लगाने पड़ेंगे, या बोझ उतारना पड़ेगा अथवा अधिक

बीच में पथिकों को कष्ट देना पड़ेगा; सिवाय इसके ऊंचाई के ऊपर से लेजाने से दूरी का भी कुछ बचाव नहिं होता, क्योंकि वक्र चाहे ऊंचाई का हो चाहे पार्श्व का एकसा हि है, जैसे गोलाई की अर्द्ध परिधि चाहे पड़ी दिशा में हो चाहे खड़ी दिशा में समान हि होती है। गेंद के दो टुकड़े करके आधे गेंद को यदि एक पटड़ी पर रखदिया जाय और उसके ऊपर से होकर एक सिरे से दूसरे सिरे तक एक सूत बांधाजाय और दूसरा सूत उन्हीं दो सिरोंतक गेंद के पार्श्व से अर्थात् पटड़ी में लगकर बांधाजाय तो वे दोनों तागे लम्बाई में प्राय समान होंगे, इसी प्रकार एक टीले के ऊपर से जो सड़क जाय और जो उसके पार्श्व से जाय उन दोनों की लम्बाई प्राय समान हि होती है, पर सर्वोच्चमें इतनी हानि है कि उसमें वृथा चढ़ाई पड़ती है; हां यदि पहाड़ वा टीले के काट डालने में वा उसके भीतर से सुरङ्ग पथ निकालने में अधिक व्यय न हो तो वह उपाय श्रेष्ठ है, वस्तुतः थोड़ी सी वक्रता में लम्बाई कुछ बहुत नहिं बढ़ जाती, दो स्थानों के बीच जो दश मैल के अन्तर पर हों एक सड़क बनानी हो और उस सड़क में यदि इतना वक्र दिया जाय कि आंखों से उस सड़क का चौथाई मैल से अधिक अंश एक समय में दीख न पड़े तो वह वक्र

सड़क उन स्थानों के बीच सरी सीधी सड़क की अपेक्षा प्राय १५० गज़ मात्र लम्बाई मे अधिक होगी। पर यदि कोई समतल वक्र सड़क चढ़ाई उतराई की सड़क की अपेक्षा कुछ लम्बी भी हो तो भी वह श्रेष्ठ है क्योंकि प्रथमोक्त पर घोड़े बैल अथवा इ-रा बोझ अनायास से वेगके साथ ले जासकते हैं पर चढ़ाई उतराई की सड़क मे चढ़ाई के समय तो बोझ हलका करना पड़ेगा और उतराई के समय वेगमे न्-नता होगी। सो यह एक साधारण नियम समझ लेना चाहिये कि चढ़ाई के स्थान मे उससे बीस गुणी तक लम्बी समतल सड़क श्रेष्ठ है; यथा किसी टीले की खड़ी ऊंचाई यदि १०० फ़ुट हो तो उसके ऊपर से सड़क लेजाने की अपेक्षा उसके पार्श्व मे समतल सड़क लेजाने मे यदि उसकी लम्बाई २००० फ़ुट की हो तथापि वह श्रेष्ठ है।

तृतीय। सड़क को पानी के बचाव के लिये ऊंची भूमि पर लेजाने के निमित्त भी, जहां भराई[१] अथवा पुलोंकी बड़त आवश्यकता नहो, कभी२ वक्र करना पड़ता है; कभी बड़ी कटाई[२] के बचाव के निमित्त; अथवा सड़क का मसाला जहां निकट वा सुलभ हो। (जिससे निर्माण के समय और संस्कार[३] के समय भी

(१) Embankments (२) Cuttings
(३) Repairs

व्यय का लाघव हो) सड़क को वक्र करना पड़ता है;
कभी अच्छे घाट से वा सेतु बन्धन योग्य स्थान पर नदी
नाले पार होने के निमित्त भी सड़क के कुछ अंश में
थोड़ीसी वक्रता देनी पड़ती है। वस्तुतः सड़क का
श्रेष्ठ मार्ग निरूपण करना निर्म्माता का एक प्रधान
कर्तव्य है, जिसमें भविष्यत् में सड़क को जितना
अच्छा करना हो उसी मार्ग पर हो सके; नहिं तो ऐसा
हो सकता है कि पहिले तो शीघ्रता में भले प्रकार वि-
चार किये बिना एक सड़क बनाली, फेर जब उस स-
ड़क को बहुत पक्की और अच्छी करने की आवश्यक-
ता हुई तो उस बहु-व्यय-साध्य कार्य्य में जिससे
बहुत वृथा व्यय न हो पहिला मार्ग परित्याग कर-
ना पड़ता है और उस पर जो कुछ धन पहिले व्यय
हो चुका हो वह निरर्थक जाता है।

ढाल निरूपण

२। तत्वतः हर एक सड़क को पूर्ण समतल होना
चाहिये। क्योंकि ऐसा न हो तो घोड़े बैल प्रभृति के
बल का एक बड़ा अंश चढ़ाई पर और खेंचने में व्यय
होगा। लम्बाई का जो अंश ऊंचाई हो बोझ के उतने हि
अंश का भार सारी सड़क पर (जहां तक चढ़ाई हो)
घोड़े प्रभृति को उठाना पड़ता है; यथा, २० फ़ुट लंबी

सड़क मे यदि एक फ़ुट की ऊंचाई हो और २० मन बोझ की गाड़ी को उस सड़क पर खेंचना हो तो, घर्षण के विरोध के सिवाय, एक मन बोझ के उठाने का भार बैलों पर पड़ेगा। विभिन्न चढ़ाई पर घोड़ा जितना बोझ खेंच सकता है वह परीक्षा से इस प्रकार निश्चित हुआ है।

समतल भूमि पर घोड़ा जितना बोझ खेंच सकता है उसे यदि १.०० कहें तो

१०० फ़ुट मे १ फ़ुट की ऊंचाई होने से वह केवल उस बोझ का		·९० खेंचेगा
५० मे	तथा	·८१ "
४४ मे	तथा	·७५ "
४० मे	तथा	·७२ "
३० मे	तथा	·६४ "
२६ मे	तथा	·५४ "
२४ मे	तथा	·५० "
२० मे	तथा	·४० "
१० मे	तथा	·२५ "

इस से ज्ञात होगा कि ठीक समतल सड़क पर घोड़ा जितना बोझ खेंच सकता है उसका केवल पौन बोझ ४४ फ़ुट मे १ फ़ुट की अर्थात मैल मे १२० फ़ुट की ढाल होने से खेंच सकेगा, और आधा बोझ २४ फ़ुट मे १ फ़ुट अथ-

वा मैलमे ५२८ फ़ुट की ढाल होनेसे खेंचेगा।

२। परन्तु चढ़ाई और बोझ खेंचने की सामर्थ्य का उस सम्बन्ध सड़क की अवस्था भेद से बहुत विभिन्न होगा; क्योंकि समान चढ़ाई वा ढाल पर यद्यपि गुरुत्व का विरोध अर्थात भार समानही होता है चाहे सड़क अच्छा हो अर्थात चिकनी चाहे अनअच्छा अर्थात खरदरी, तथापि समस्त विरोध के सम्बन्ध से अच्छा सड़क पर अनअच्छा की अपेक्षा यह (भार) अधिक होता है। यथा, एक सड़क यदि ऐसी हो कि समतल अवस्था मे घर्षण का विरोध बोझ का ४० वां अंश हो, तो उसी सड़क पर २० फ़ुट मे १ फ़ुट की चढ़ाई होनेसे समस्त विरोध $\frac{१}{४०} + \frac{१}{२०} = \frac{३}{४०}$ होगा। इससे दृष्ट होता है कि गुरुत्व का विरोध ($\frac{१}{२०}$) समस्त विरोध ($\frac{३}{४०}$) का ($\frac{२}{३}$) दो तिहाई है; अर्थात इस सड़क पर गाड़ी खेंचने मे घोड़े का जितना बल लगेगा उसका दो तिहाई अंश चढ़ाई हेतुक होगा और एक तिहाई घर्षण के विरोध हेतुक; फेर यदि इस सड़क का उपरितल उतना अच्छा न हो अर्थात इतना खरदरा हो कि उसके घर्षण का विरोध बोझ का २० वां अंश हो तो समस्त विरोध $\frac{१}{२०} + \frac{१}{२०} = \frac{१}{१०}$ होगा, यहां दृष्ट होता है कि गुरुत्व का विरोध समस्त विरोध का आधा है, आधे से दो तिहाई अधिक होता है,

इससे प्रतिपन्न होता है कि खरदरी सड़क की अपेक्षा चिकनी सड़क पर गुरुत्व का विरोध (समस्त विरोध के सम्बन्ध से) अधिक है; इससे यह भी सिद्ध होता है कि कच्ची सड़क अपेक्षा पक्की सड़क पर चढ़ाई अर्थात् ढाल न्यून होनी चाहिये।

४। चढ़ाई पर उक्त नियमानुसार जितना बल लगना चाहिये वस्तुतः उससे भी अधिक लगता है, क्योंकि चढ़ाई पर अधिक बोझादि नहिं खिंचना पड़ता, घोड़े का अपना बल भी चढ़ाई पर बहुत घट जाता है, वरन्च मनुष्य का बल इतना नहिं घटता जितना कि घोड़े का, उसके शारीरिक गुरुत्व और निस्सोत्त विरोध हेतुक, घटता है। समतल सड़क पर घोड़ा ५ मनुष्य का बल रखता है पर चढ़ाई पर २ मनुष्य के समान भी उसमें बल नहिं रहता, क्योंकि तीन मनुष्य सवा सवा मन बोझ लेकर चढ़ाई पर जितने शीघ्र चल सकेंगे उतने शीघ्र पौने चार मन बोझ लेकर चढ़ाई पर घोड़ा नहिं चल सकेगा। चढ़ाई जो इस प्रकार हानि कारक है वह अधिकतर अपकारी होजाती है यदि उसे अधिक लम्बाई पर वा सारी सड़क पर फैलाकर थोड़े हुए भाग में उसे पूराकर दिया जावे और अवशिष्ट सारी सड़क समतल रक्खी जावे, क्योंकि चढ़ाई के निमित्त जो बोझ

थोड़ा लादना पड़ेगा वह थोड़ा बोझ समतल सड़क पर भी जायगा और घोड़े को जो अधिक बोझ लेजाने की सामर्थ्य है वह वृथा जायगी। कोई २ लोग ऐसा उपाय करते हैं कि बोझ तो पूरा लादते हैं पर चढ़ाई के स्थान पर अधिक घोड़ा या बैल जोत लेते हैं पर यह सर्वत्र और हर किसी से नहि होसकता और इसमे व्यय भी अधिक होता है। अतएव ऊंचाई जब कि इतनी अपकारी हुई तो यथार्थ आवश्यकता बिना एक फुट की भी चढ़ाई उतराई न रहने देनी चाहिये। जहां पहाड़ पर चढ़ना हो वहां उतराई थोड़ीसी भी न होने देनी चाहिये क्योंकि जितनी उतराई होगी उतनीहि वृथा चढ़ाई पड़ेगी जिससे फलतः एक पहाड़ के स्थान मे अनेक पहाड़ हो जायगे। सो पहाड़ पर इस प्रकार कटाई भराई करके सड़क लेजानी चाहिये कि उससे आनुक्रमिक अनवच्छिन्न चढ़ाई हो।

५। अनावश्यक चढ़ाई का अपकार तो वर्णन किया गया; अब आवश्यक चढ़ाई के विषय मे इतनाहि वक्तव्य है कि पक्की सड़क पर अधिक से अधिक ३० फुट मे १ फुट की चढ़ाई अच्छी है, इस प्रकार चढ़ाई मे बलका ह्रास अत्यल्प होता है, और चढ़ाई मे जो कुछ अधिक बल लगता भी है उतराई मे उतना-

दि सौकर्य होता है; इससे अधिक ढाल होनेसे चढ़ाई मे भी कष्ट है और उतराई मे बोझके दबाव से घोड़े बैलों को बड़ी सावधानता से और कष्टसे चलना पड़ता है और कभी२ हानि की भी सम्भावना है; हां कहीं२ ऐसी आवश्यकता होजाती है जहां २० फ़ुटमे १ फ़ुटकी चढ़ाई से भी अधिक चढ़ाई पड़ती है, प्रायशः पहाड़ों मे, पर यह बात लाचारी की है इसका कोई उपाय नहि। कच्ची सड़क मे, रुकौट हेतुसे, २० फ़ुटमे १ फ़ुट तक की चढ़ाई विधेय है।

८। व्यवहार मे यह अभीप्सित नहि कि कोई सड़क इतनी समतल हो, क्योंकि ऐसा होने से उसके ऊपर (हटि प्रभृति का) पानी भरा रहता है और बीचमे (किनारे की अपेक्षा) यदि पानी के निकलने योग्य ऊंचाई रक्खी जाती तो गाड़ी प्रभृति के उलट जाने का भय होता है; इसलिये लम्बाई की दिशा मे कुछ ढाल रक्खी जाती है जिससे केवल पार्श्ववर्त्ती नालीयों मेहि पानी अनायास से प्रवाहित नहि होता वरञ्च सड़क पर जो गाड़ी के पहियों की लीकें पड़ जाती हैं वेभी नालीयों का काम देती हैं, यह ढाल कमसे कम सवा सौ फ़ुट मे एक फ़ुट की होनी चाहिये, इस समतल देश मे उतराई चढ़ाई के रूपसे इस अन्दाज़े की ढाल रखनी चाहिये।

७। निम्नलिखित प्रकोष्ठ मे विभिन्न ढाल के कोण दिखलाये गए हैं जो व्यवहार मे काम आ सकते हैं।

ढाल	मेल मे कै फ़ुट	कोण*
१० फ़ुट मे १ फ़ुट	५२८	५° ४३'
१३ मे १	४०६	४° २४'
१५ मे १	३५२	३° ४९'
२० मे १	२६४	२° ५२'
२५ मे १	२११	२° १८'
३० मे १	१७६	१° ५५'
३५ मे १	१५१	१° ३८'
४० मे १	१३२	१° २६'
४५ मे १	११७	१° १६'
५० मे १	१०६	१° ९'
१०० मे १	५३	०° ३४'
१२५ मे १	४२	०° २८'

कोण	ढाल	मेल मे कै फ़ुट
१/२°	११५ फ़ुट मे १ फ़ुट	४६
३/४°	७६ मे १	६९
१°	५७ मे १	९२
१ १/२°	३८ मे १	१३८
२°	२९ मे १	१८४
२ १/२°	२३ मे १	२३१
३°	१९ मे १	२७७
४°	१४ मे १	३६९
५°	११ मे १	४६२

(इससे स्पष्ट होगा कि कोण के जितने पल हैं उसके साथ डेवढ़े फ़ुट मेल में हैं)

चौड़ाई सड़क की

८। चौड़ाई सड़क की मनुष्य और गाड़ीयों के याता-यात पर अधिकांश निर्भर करती है; कम से कम चौड़ा-

* ० यह अंश का चिह्न है
' यह पल का चिह्न है

ई १८ फ़ुट की होनी चाहिये जिस पर दो गाड़ी अनायास से चली जावें, पर व्यवहार मे २० फ़ुट से न्यून चौड़ी सड़कें बहुत प्रसस्त हैं। इस देशमे यह रीति है, और इस रीति को अच्छी कहनी चाहिये, कि बीच की चौड़ाई जो प्रायशः सोलह फ़ुट की होती है पक्की कर दी जाती है, और दोनों पार्श्व की चौड़ाई बारह बारह फ़ुट की छकड़े गाड़ी प्रभृति के लिये कच्ची रख दी जाती है। इस रीति से सब समेत चौड़ाई ४० फ़ुट की हुई जो प्रथम श्रेणि की सड़कों के लिये यथेष्ट है। सड़क की सलामी के बाहेर दोनों ओर पटड़ी रक्खी जाती है जिस्की चौड़ाई प्राय ५० फ़ुट की होती है, इस पटड़ी पर संस्कार की सामिग्रीएं (मसाला) विन्यस्त होसकती हैं। पटड़ी के बाहेर जलके निर्गमन के निमित्त नालीयें होती हैं, इन नालीयों को सड़क की शेष सीमा कहनी चाहिये।

९। उपपथ वा छोटी सड़कों पर अथवा जहां भूमि बहुमूल्य वा दुष्प्राप्य हो पक्के पथके दोनो ओर सड़क के कच्चे भाग की चौड़ाई घटाकर सात २ फ़ुट की कर देनी चाहिये, और पटड़ी रखने की वहां आवश्यकतादि नहि।

१०। पार्श्ववर्त्ती नालीयोंका परिच्छेद त्रिकोण प्राय होता है, ऊपर के सिरे की चौड़ाई ३ फ़ुट से लेकर ५

फ़ुट तक होती है, और गहराई जलराशि के परिमाणानुसार १ फ़ुट से २ फ़ुट तक होती है। जहां नैसर्गिक नाले निकट हों पार्श्ववर्ती नालियों में से आड़ी नालियें बनाकर उनके पानी के निर्गमन का उपाय कर देना चाहिये। नाली की ढाल मैल पीछे डेढ़ फ़ुट से तीन फ़ुट तक होती है इससे अधिक होने से वह पानी से कट जाती है और किसी काम की नहिं रहती; इस भय से बाज़ कोई २ निर्गमता नालीओं का बनाना उचित नहिं समझते, पर यदि उनपर दृष्टि और यथोचित यत्न रहे तो वे बिगड़ती नहिं और उनसे सड़क का उपकार होता है।

१९। वृक्ष, चाहे पंक्तियों में चाहे स्थान २ पर एकत्र रोपित हों, नालीयों के बाहर लगाये जाते हैं इस अभिप्राय से कि उनके पत्तों से जो पानी टपकता है वह सड़क को बिगाड़े नहिं। वृक्ष बहुत निकट होने से एक यह हानि समझी जाती है कि उनकी छाया से सड़क भली प्रकार सूकने नहिं पाती। पर ये सब आपत्तियें उन सड़कों के सम्बन्ध में होसकती हैं जो ईंट स्लाकी पत्थर के चूर प्रभृति से पक्की की गई हों। कङ्कर की सड़क ऐसी बिगड़ती नहिं, बाल्क ग्रीष्म ऋतु की धूप में सड़क पर छाया होने से पथि-

कों को बड़ा सुख होजाता है। हां लम्बी सड़कों पर ह-
क्ष पंक्तियों के रोपित न होने का और एक हेतु जो वर्ण-
न करते हैं, वह कुछ ग्राह्य हो सकता है, वह यह है
कि नगरों से दूर सड़कों के पार्श्व मे वृक्ष रोपित करने
से उनका यथोचित यत्न नहि होता इसलिये वृक्षों को
पंक्तियों मे न लगाकर कुछ२ अन्तर पर उन्हे एकत्र ल-
गादेते हैं जहां पथिक लोगों को विश्राम का सुख भी
मिलता है, और नगरों के पास कुछ कोसों तक जहां
नगरस्थ लोगों का बहुत यातायात होता है सड़क के
पार्श्वों पर वृक्षों की पंक्तियें लगा दी जाती हैं। पहि ले
तीन वर्ष तक प्रत्येक वृक्ष के, समन्तात मट्टी की दीवा-
ल वा घेरा बना कर उनकी विशेष रक्षा करनी चाहिये।
आम, जामन, शीशम, सिरस, पीपल, वट, इमली, नी-
म, कीकर प्रभृति वृक्ष हिन्दुस्थान और पञ्जाब की सड़-
कों के पास लगाये जाते हैं।

१२। सड़क के दोनों पार्श्व की सलामी मट्टी के भेद से
विभिन्न होती है पर भराई की सलामी कटाई की स-
लामी की अपेक्षा कुछ लम्बी होनी चाहिये। पत्थर की
कटाई तो खड़ी भी रख दी जासकती है; दृढ़ मृत्तिका
की सलामी १ फ़ुट मे १ फ़ुट की अर्थात ४५° की होस-
कती है, भराई की सलामी मे १ फ़ुट की उंचाई के निमि-

ल १ से २ फ़ुट तक की लम्बाई होती है, और जहां अल्प व्यय से हो सके सलामी पर घास लगा देना चाहिये इस से वह दृढ़ होजाती है; कटाई की सलामी प्रायशः आपहि ठीक होजाती है, इसलिये जहां स्थान हो सड़क के खुलने के पहिले उसे ठीक होजाने देना चाहिये।

१३। सड़क की उंचाई वा गहराई यदि अधिक हो तो व्यय के लाघव के निमित्त उसकी चौड़ाई को घटा देना चाहिये, पर सड़क का पक्का भाग अन्यून १६ फ़ुट होनेसे ऊंची सड़क की चौड़ाई यथानुसार १६ से ४० फ़ुट के भीतर होनी चाहिये।

१४। सड़क का आकार ऐसा होना चाहिये कि दो ढलवां तल ऊंचे सिरे पर परस्पर मिलें और उनका वह सिरा गोल कर दिया जाय। तात्पर्य्य यह कि सड़क का बीच उभरा हुआ और किञ्चित् गोल हो और दोनों पार्श्व उसके ढलवां हों। बीच से पार्श्व की ओर ढाल १ फ़ुट में १/२ इञ्च, अर्थात् २४ फ़ुट मे १ फ़ुट से अधिक न होनी चाहिये।

१५। पहाड़ पर उसके चारों ओर जो सड़क जाती है उसकी ढाल हमेशा भीतर की (अर्थात् पहाड़की) ओर होती है, और नाली भी पहाड़की ओर होती है; हेतु उसका यह है कि अन्दर ओर ढाल होनेसे एक तो सड़क

का किनारा बार२ कट जाता है और मोड़ के स्थान पर पथिक और गाड़ी प्रभृति के खड्ड में गिर जाने का भय रहता है। भीतर की ओर जो नाली होती है वह पहाड़ के ऊपर से परिस्रुत पानी को रोक लेती है। और आड़ी नालीयों के द्वारा जो सड़क के नीचे से खड्ड में जा पड़ती हैं वह पानी निकाल दिया जाता है।

सड़क की ऊंचाई।

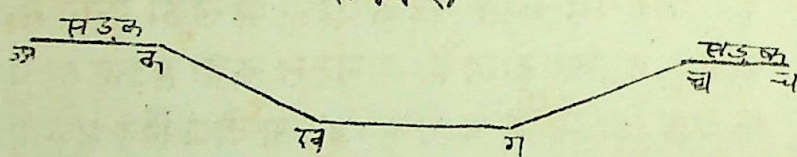
१६। सड़क की ऊंचाई, अर्थात् भूमि से वह कितनी ऊंची होनी चाहिये, इसका विचार तीन बातों पर निर्भर करता है। १म, ढाल पर, २य, पानी के चढ़ाव पर; ३य, जहांतक हो सके कटाई भराई की अल्पता द्वारा व्यय के लाघव पर। इसलिये सड़क की ऊंचाई का विचार, विशेषतः यदि भूमि ऊंची नीची हो, बड़ी विवेचना सापेक्ष है। ढाल निरूपण की रीति तो ऊपर कही गई। पानी का चढ़ाव वृष्टि के समय जितना हो उससे सड़क को कुछ ऊंची रखनी चाहिये, सबसे ऊंचा चढ़ाव पानी का अर्थात् वृक्ष गृह प्रभृति के (जो सड़क के गन्तव्य मार्ग में हों) किस अंश तक पानी चढ़ता है यह ग्राम के लोगों से पूछने से भी प्रायशः जाना जाता है। यह भी स्मरण रखना चाहिये कि निम्न भूमि भाग पर जो सड़क जाती है उसके पार्श्व पर चारों ओर का

पानी आकर रुक जाता है, इस पानी के निकालने के नि-
मित्त यद्यपि सेल ड्रेन और असेल नाले बनाये जाते
हैं, तथापि भारी वृष्टि के समय जब वे नाले पूर्ण हो
जाते हैं और उनमें से शीघ्र पानी नहिं निकलता तब
कुछ बड़ी सड़क के पार्श्व पर पानी रुका खड़ा रहता
है और सड़क बनने के पहिले उस स्थान पर पानी
का जितना चढ़ाव होता था उससे भी उस रोक के
हेतु अधिक चढ़ाव होता है; इसलिये ऐसे स्थल प-
र पहिले चढ़ाव से सड़क को अनुमान २ फुट ऊंची
रखनी चाहिये।

(८) जहां भूमि उरलेम है वहां होसके तो कटाई
भराई को माप समान रखना चाहिये; यदि कटाई
अधिक हो तो उतनी मृत्तिका सड़क के पार्श्व पर फेंकी
जाती है उसे पार्श्व-(१)ढेरी कहते हैं, और यदि भराई
अधिक हो तो सड़क के पार्श्व पर खात रह जाते हैं,
उन्हें पार्श्व-(२)खात कहते हैं। खात के माप की अपे-
क्षा भराई का माप अधिक होता है क्योंकि भराई में
मट्टी फूली रहती है; पर कुछ कालान्तर अर्थात्
एक दो बरसात के पीछे वह भराई बैठती है य-
थात् मट्टी नीचे दब जाती है; यह दबाव बालू का
मध्य मृत्तिका में माप अष्टमांश होता है, कङ्करीली

(१) Spoil bank (२) Side-cuttings

मट्टी मे प्राय हाड़ंशांस, पत्थर को तोड़ने से वह प्राय डेवढ़ा होजाता है; इसलिये जितनी भराई की आवश्यकता हो व्यवहार मे उससे १०० फ़ुट के पीछे १० फ़ुट अधिक लेना चाहिये। सड़क के आर पार पानी निकालने केलिये जो नाले बनाये जाते हैं वे दो प्रकार के होते हैं, एक सेतुयुक्त नाले दूसरे असेतु; सेतुओं का वर्णन आगे होगा; असेतु नाले का चित्र नीचे दिया जाता है।

(चित्र १)

अक और घच लम्बाई की दिशा मे सड़क की मध्य रेखा है; कख, गघ नाले की भूमि तक सलामी है जो प्रायशः ३० फ़ुट मे १ फ़ुट की होती है और खग नाले की भूमि है। नाले के ऊपर कूटे हुए कङ्कर पानी की ठोकर से बह न जांय इसलिये सड़क के दोनों सिरे पर कच्चे अंश में प्राय १ फ़ुट गहरी दिवाल बना दी जाती है जिसका ऊपर का सिरा कङ्कर के साथ सम तल होता है।

१८। ऊपर जो कई एक प्रकार की सड़कों का वर्णन

हुआ उनके चित्र पट १ में दिये गए हैं।

पक्का करना सड़क का

१९। सड़क के पक्के करने का मुख्य उद्देश्य घर्षण के विरोध को घटाना है। गाड़ी के पहिये के घर्षण को, अवस्था विशेष में, हटाने में जो बल लगता है उसे "खैंच का बल"(१) कहते हैं। इस बल का परिमाण बोझ के कितने अंश के समान होता है यह विभिन्न प्रकार सड़क के निमित्त परीक्षा से निर्धारित हुआ है, और यह कच्ची सड़क पर १/८ से लेकर पक्की सड़क पर १/८० तक होता है। समतल कच्ची सड़क पर एक पशु अधिक से अधिक जितना बोझ खैंच सकता है, पत्थर खण्ड की अच्छी पक्की सड़क पर उसका त्रिगुण खैंचेगा, कङ्कड़ की अच्छी सड़क पर चतुर्गुण, और लोहे की सड़क पर अष्टादश गुण। अल्पायास से गाड़ीयों का खैंचना और उनके घर्षण और भङ्ग की अल्पता जैसे सड़क के पक्के करने का उद्देश्य है, वैसेहि वृष्ट्यादिक के जल से उसके हानि की रक्षा अपर उद्देश्य है। अतएव पक्की सड़क में तीन गुण होने चाहियें, एक यह कि वह चिकनी हो अर्थात बहुत खादरी न हो, दूसरे कठिन हो, तीसरे दृढ़बद्ध हो। प्रथमोक्त दो गुणों की प्राप्ति तो पत्थर, कङ्कड़

(1) Force of traction

ईंट, काष्ठ प्रभृति के व्यवहार से होती है; शेषोक्त गुणकी प्राप्ति के निमित्त उचित है कि कच्ची सड़क शुष्क होकर भली प्रकार जब बैठ जावे और दब जावे तब उस पर कङ्कर प्रभृति का अच्छा मोटा रद्दा बिछाया जाय और कूटा जाय। पत्थर प्रभृति में से कौन सी वस्तु डालनी चाहिये इसका विचार सुलभता पर अधिकांश निर्भर करता है, अर्थात् जो वस्तु सुलभ हो वहि डाली जाती है। पत्थर प्रभृति के बिछाने और कूटने की रीति आगे कही जायगी।

पथ निर्म्माण

२०। पथ निर्म्माण विषय सबसे पहिले जो मार्ग निरूपण आवश्यक है उसका तत्त्व तो पहिले वर्णन किया गया, अब मार्ग निरूपण की रीति संक्षेप से कही जाती है।

२१। जब किसी दो स्थानों के बीच सड़क बनानी हो तो पहिले कम्पास लगा कर पुरानी सड़क का चित्र बनाले और जिन २ स्थानों के पास होकर सड़क को अवश्य जाना है (यथा, नगर, नदी का घाट, नाला वा झील प्रभृति, गर्ते का स्थान विशेष, पहाड़ का दर्रा अर्थात् प्रवेश मार्ग) उन्हें चित्र पर विशेष रूप से चिह्नित करना चाहिये। जो ऐसे घाट प्रभृति

कई हों जिनमे से किसी एक के पास मे सड़क जा-सकती है तो उन सबों को चित्र पर चिह्नित कर लेना चाहिये और प्रत्येक का हानि लाभ विचार कर सबों मे से जो उचित बोध हो उस सड़क के गन्तव्य मार्ग का स्थान निरूपण करना चाहिये।

२२। यदि पुरानी सड़क कोई न हो तो जिस २ देश वा भूमि मे से सड़क का जाना सम्भव हो निर्माता को उचित है कि उस २ देश का अच्छा भू-चित्र[1] लेकर उस पर एक सीधी रेखा के द्वारा सड़क का मार्ग कल्पना करले। और यदि अच्छा भू-चित्र[1] भी न मिले तो देश के जिस अंश मे से सड़क का जाना सम्भव हो उस अंश का भू-चित्र[1] आप बनाले भू-चित्र[1] बनाने मे "थिओडोलाइट" नामक कम्पास के द्वारा सीमाओं की सब रेखा निरूपित होती हैं और "प्रिसमेटिक" प्रभृति छोटी कम्पास द्वारा सीमा के भीतर की सब वस्तु (यथा नगर, गृह, उद्यान प्रभृति) भरी जाती हैं। इस प्रकार से जब भू-चित्र[1] बन जावे तो उसमे सीधी रेखाओं के द्वारा सड़क का गन्तव्य मार्ग कल्पना करले। जहां २ उस सीधी रेखा के बीच मे प्रति बन्धक हों वहां सड़क की रेखा को वक्र करो। इस प्रकार से सड़क की गन

(1) Map

एक कल्पित रेखा[1] निरूपित होजाय तब कम्पास लगाकर उसका चित्र बनाले। यदि ऐसी कल्पित रेखा एक से अधिक हों (जैसा कि व्यवहार में प्रायशः होता है) तो प्रत्येक पर कम्पास लगाकर उसका चित्र बनावे। कम्पास लगाने के समय उस रेखा के आसपास की भूमि यदि बहुत निम्नोच्च हो वा, जहां, पर्वत नाले प्रभृति आजांय जिनके हेतु एक से अधिक कल्पित-[1] रेखाओं के होने की सम्भावना हो, वहां कम्पास के द्वारा आड़ी रेखा भी डाल ले। कम्पास लगाने के समय साथः उसके लेवेल[2] भी करना चाहिये जिससे मार्ग की उंचाई निचाई विदित हो (लेवेल करने की रीति भू परिमापन[3] विद्या से जानी जाती है)। इस प्रकार से दो तीन कल्पित-रेखाओं पर कम्पास लग कर उनके पड़े[4] चित्र और खड़े[5] चित्र जब बन जांय, तब उनमें से प्रत्येक के कामका मूल्य अनुमान करके सब में से अच्छा एक मार्ग निरूपण कर लेना चाहिये। फेर उस मार्ग पर भले प्रकार से कम्पास और लेवल लगाकर उसके चित्र जो बहुत ठीक हों बनालेने चाहियें। लेवल करने के समय पुरानी सड़क, नदी, नाले, नहर प्रभृति की उंचाई विशेष रूपसे लिखलेनी चाहिये; वरन्च होसके तो हर

(1) Trial lines (2) Level (3) Surveying
(4) Plan (5) Section

मेल पर लेवेल का पक्का चबूतरा[1] बना देना चाहिये, इसका तात्पर्य्य यह है कि सड़क के किसी भाग को यदि बदलना हो तो उन चबूतरे प्रभृतिसे हि नये भाग के लेवेल को मिला दिया जाय, सारी सड़क पर फेर लेवेल न करना पड़े।

२३। मार्ग निरूपण हो जानेके पीछे कर्म्मारम्भ करने के निमित्त उस मार्ग को भूमि पर चिह्नित[2] करना चाहिये, इस निमित्त अब चिह्नित करने की रीति लिखी जाती है। सड़क के सीधे भागों की मध्य रेखाको थिओडोलाईट कम्पास से निरीक्षण करके उस पर झण्डीयोंकी पंक्ति खड़ी करनी चाहिये, फेर एक झण्डी से दूसरी झण्डी तक रस्सी पकड़ कर उस रेखा पर दागबेल लगवा देना चाहिये। तदनन्तर जरीब से एक एक टुकड़े भराई कटाई पर जो १०० फुट से अधिक लम्बे न हों खूंटे गड़वा देने चाहियें, खूंटोंका उपरला सिरा भूमिसे मिला हुआ हो। भराई के स्थानमें खूंटोंके ऊपर गज़ खड़ा करके उसके चारों ओर मट्टी भर देनी चाहिये और गज़के उस अंश को जहांतक भराई की आवश्यकता है चिह्नित कर देना चाहिये। कटाई के स्थानमे भूमिको खोदकर खूंटा गाड़ना चाहिये और खूंटे का उपरला सिरा

(1) Bench marks (2) Lining out

कटाई की सीमा होनी चाहिये। खूंटा कभी २ हिलजु-ल कर उखड़ जाता है और कभी २ लोग भी उसे उखा-ड़ लेते हैं, इसलिये एक एक सहस्र फ़ुट के पीछे खूंटे के स्थानमे पक्के चबूतरे १ फ़ुट लमे और १ फ़ुट चौ-ड़े बनवा देने चाहियें और जहां पक्का घर या कूआ कोई निकट हो तो उसके ऊपर भी चिह्न कर देना चा-हिये। इसका उद्देश्य यह है कि खूंटे यदि उखड़ जांय तो उक्त पक्के चिह्नोंसे वे फेर लगा लिये जासकें।

२४। जहां सड़क की दिशा बदलने से कोण बन जाने वाला हो, वहां किसी वक्र वा चापके आकारमे सड़क को गोल कर देना चाहिये, कोण कदापि नहि रखना चाहिये। जो कि ऐसे चाप की त्रिज्या बहुत लं-बी होती है और व्यवहार मे उस त्रिज्या के समान लं-बी रस्सी से चाप खेंचना प्रायशः कठिन और दुःसाध्य होता है, इसलिये कई ऐसे उपाय अवलम्बन किये जाते हैं जिनसे (बहुत ठीक नहो सके तो व्यवहारो-पयोगी ठीक) वक्र बन जाय। उन उपायों का मूल य-ह है कि वक्र को बहुत से छोटे २ चापों मे विभक्त कर के उनकी जीवा(१) को कागज़ पर माप लिया जाता है और फेर उसी मापके अनुसार भूमिपर उन जीवाओं की स-रल रेखा चिह्नित की जाती हैं जिनके ऊपर सड़क का

(१) Chord

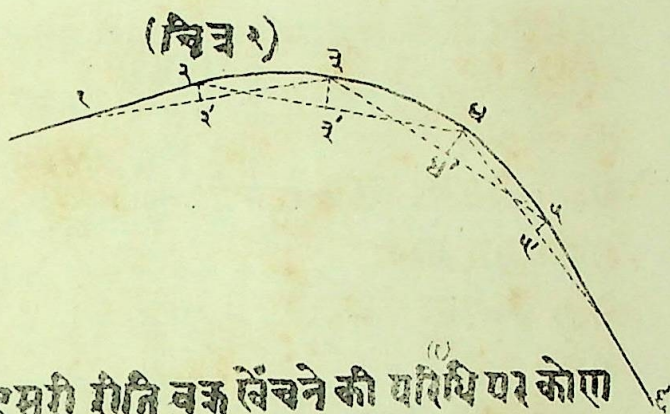
वक्रभाग दृष्टि से बनालिया जाता है। उक्त उद्देश्य सि-
द्ध करने की एक रीति यह है। दोनो दिशाओंकी रे-
खा (अर्थात् जिस दिशा मे सड़क आरही है और
जिस दिशा को मुड़ना है) कागज़ पर एक बड़े पै-
माने से[1] खेंचो, और उन दोनो दिशाओं का मिलाने
वाला एक वक्र किसी त्रिज्या से खेंचो, पर यह ध्या-
न रक्खो कि वह वक्र अधिक कोण वाला न हो।
उस वक्र मे कई एक विन्दु ऐसे लो कि उनका एक
दूसरे से अन्तर परस्पर समान हो और प्राय १००
फ़ुट का हो। उन विन्दुओं को एक एक बीच मे छो-
ड़ते हुए सरल रेखा से मिला दो (यथा १ को ३ से,
२ को ४ से, ३ को ५ से, ४ को ६ से इत्यादि जैसे चि-
त्र १ मे), और उत्क्रमज्या[2] (३, ३' वा ४, ४') को, या
तो पैमाने के माप से या (जो और भी अच्छा है) त्रि-
कोणमिति की गणना से, अवधारित करो कल्पना क-
रो कि यह २ फ़ुट है। अब भूमि पर विन्दु ३ और ४ का स्थान निरूपि-
त करने के निमित्त (विन्दु १ और ५ वक्र के सीधे हुए,
खूंटी २ से भीतर के केन्द्र की ओर आधी उत्क्रमज्या
(अर्थात् १ फ़ुट) माप कर वहां खूंटी २' खड़ी करो;
तब रस्सी वा जरीब को पिछली खूंटी १, और खूंटी २'
की सीध मे खेंचो जिसके द्वारा (२ से निर्दिष्ट अन्तर

(1) Scale (2) Versed Sine

पर) खूंटी ३ का स्थान निश्चित होगा। खूंटी ३ से भीतर की ओर शरी उत्क्रमज्या[1] मापकर खूंटी ३' गाड़ो; अब जरीब को खूंटी २ और ३' की सीध मे खेंचो जिस से पूर्ववत् खूंटी ४ का स्थान निर्धारित होगा। इसी रीति से भीतर की ओर शरी उत्क्रमज्या माप२ कर अगली खूंटियें लगाते जाओ जब तक कि उस स्थान पर पहुंचो (चित्र मे खूंटी ५) जहां वक्र को समाप्त करके उसकी स्पर्श रेखा[2] स्वरूप सड़क का दूसरा भाग आरम्भ हो। वहां केवल आधी उत्क्रमज्या मापनी चाहिये; और उससे जब खूंटी ६ निर्धारित होजाय तब रेखा ५...६ सड़क के दूसरे भाग की दिशा की निश्चायक होगी जैसे कि १...२ पहिले भाग की दिशा की ज्ञापक थी। खूंटी २, ३, ४, ५ पर वक्र रूप से सड़क की रागबेल लगा लेनी चाहिये।

२५। पूर्वोक्त बिन्दु २, ३, प्रभृति के मध्य मे और बिन्दु जानना चाहो तो प्रत्येक जीवा के मध्य से बाहर की ओर दूसरी उत्क्रमज्याओपहिली उत्क्रमज्या की चौथाई हो खेंचो। और भी बिन्दु आवश्यक हों तो इस नयी जीवा के मध्य से तीसरी उत्क्रमज्या जो दूसरी की चौथाई हो खेंचो इसी प्रक्रिया से आवश्यक हो तो वक्र के और भी बिन्दु मिलसकते हैं।

(1) Versed Sine (2) Tangent

(चित्र १)

२८। दूसरी रीति वक्र खेंचने की परिधि[1] पर कोण लेने की है, इस रीति से इन सम्बन्धीय वक्र बहुत शीघ्रता और शुद्धता के साथ खेंचे जा सकते हैं; यह ज्यामिति के इस प्रसिद्ध नियम पर निर्भर करती है कि "चाप परिधि के किसी बिन्दु पर जो कोण बनाता है वह उस कोण का अर्द्ध होता है जो वही चाप इस के केन्द्र पर बनाता है"।

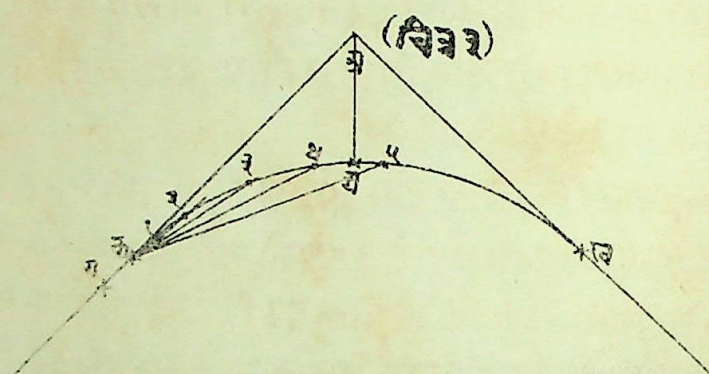
२९। इस बात को सूत्र के रूप से लिखने के लिये कल्पना करते हैं कि अ चाप की लम्बाई है, और त्र वृत्त की त्रिज्या है; तो

परिधि पर कोण पलों[2] में =

$$\frac{\text{केन्द्र पर कोण}}{२} = १७१८.८७ \frac{अ}{त्र} \quad \ldots\ldots (१)$$

(यहां अङ्क १७१८.८७ त्रिज्या के समान चाप के आधे के पल हैं)

(1) Circumference (2) Minutes of a degree of a circle

(चित्र २)

अब इस अवस्था दिखलाते हैं। कअ, खअ (चित्र २ मे देखो) दो सरल रेखा हैं जिनका समछेद अ पर होता है। अ पर थिओडोलैट लगाकर वहां का कोण ले लो और उस कोण को अ से निर्दिष्ट करो; अब दोनो समान स्पर्श रेखा अक अख को, जिनकी लम्बाई निम्नलिखित धुवे से (जिसमे त्र वक्र की इष्ट त्रिज्या का निर्देशक है) निकलती है, लगा लो;

अक = अख = त्र' कोटि स्पर्श $\frac{अ}{२}$ ...... (१)

और कख वक्र के सिरे अर्थात् अन्त्य बिन्दु, जहां वह (वक्र) सीधी रेखाओं से मिलता है होंगे। अब वक्र के मध्य बिन्दु का स्थान निर्धारित करने के निमित्त (जिसका ज्ञान अभीप्सित है यद्यपि सर्वदा आवश्यकीय नहि), थिओडोलैट के द्वारा कोण अ को अर्द्धित करने वाली अग रेखा लगाओ,

अग = त्रि·(कोटिछेदक $\frac{अ}{२}$ − १) ...... (२)

इससे ग वक्र का मध्य विन्दु निकला। क और ख पर (और ग पर भी यदि चिह्नित किया हो) बड़ी खूंटीयें गाड़ देनी चाहियें।

वक्र की पूरी लम्बाई इस धुवे से निकलती है

चाप कख = ·००० २९०९ ऋ×ग्र की सार्द्ध के पल··(४)

विन्दु क, ख, ग में से किसी एक पर थिओडोलैट लगा कर वक्र चिह्नित किया जा सकता है। वक्रारम्भ स्थान क से वक्र चिह्नित करनी ऋजु प्रक्रिया है; पर जब वक्र की लम्बाई प्राय आधे मैल से अधिक हो तब मध्य विन्दु ग को अवलम्बन करना अच्छा है।

वक्र को उसके आरम्भ स्थान क पर थिओडोलैट रख कर लगाने की यह प्रक्रिया है।

सड़क की मध्य रेखा निर्देशक खूंटीयों के अन्तर को हम यहां लाघव के लिये जरीब कहेंगे, चाहे वह जरीब ६६ फुट की चाहे १०० फुट की चाहे उससे अधिक की हो। वक्र के साथ मिली हुई सरल रेखा पर ग पिछली खूंटी है; वक्रारम्भ से उस पर पहिली खूंटी का अन्तर क १, एक जरीब और कग के अन्तर के तुल्य है; परिधि पर कोण की जो चाप क१ से सीमा किया गया है समीकरण (१) से गणना

(४) Equation

करके उसे थियोडोलैट द्वारा स्पर्श रेखा क ग्र मे लगाना चाहिये, ग्रर्थात् उक्त यन्त्र के पड़े चक्र[1] के शून्य ग्रंश को ग्र की ग्रोर करके कोण लो तब उसकी दूरबीन मे दृष्टि रेखा[2] चक्र पर पहिली खूंटी १ की सीध मे जायगी ग्रोर जरीब द्वारा क से उसका ग्रन्तर लगा देने से उस खूंटी का स्थान निरूपित हो जायगा। फेर क१+१ जरीब, क१+२ जरीब, क१+३ जरीब इत्यादि से सीमा किये गये परिधि पर कोण की उसी रीति से गणना करके उसे स्पर्श रेखा क ग्र मे लगाना चाहिये, इससे ग्रगली खूंटियें २, ३, ४ प्रभृति का स्थान जो परस्पर १ जरीब के ग्रन्तर पर लगेंगी निरूपित होजायगा। इस रीति से सड़क के वक्रांश की मध्य रेखा लग जायगी।

२८। जब सड़क की मध्य रेखा पर, उसके दोनों सिरे पर, ग्रोर दोनो ग्रोर की सलामी के सिरे पर खूंटियों की पंक्तियें लग जांय, ग्रोर खूंटियों के सिरे कटाई भराई के जानने के लिये खड़े चित्र के ग्रनुसार लेवेल पर होजांय तब दाग बेल द्वारा भूमिको चिह्नित कर लेना चाहिये। इस प्रक्रिया की समाप्ति पर सड़क का बनना ग्रारम्भ होसकता है।

२९। पहाड़ की सड़कों का चिह्नित करना। पह-

(१) *Azimuth Circle* (२) *Line of Collimation*

Digitized by eGangotri and Sarayu Trust.

ड़ों के पथ निर्माण से पहिले वहांके भू-चित्र को भले प्रकार विचार लेना चाहिये, और पर्वत श्रेणियों की ढलांभी को भी सम्यक् रूपसे निरीक्षण कर लेना चाहिये जिससे उपत्यका, कन्दरा, और जल प्रवाहों की दिशा और परिमाण विदित हो और भूमि का कुझान भी जानाजाय अर्थात् उसका खनन करना सुकर है वा नहि अथवा वह शिलामय और दुरवरोह* है। यदि पर्वत पार्श्वमे वृक्षों की घनिष्ठता हो अर्थात् पहाड़ जङ्गल से परिपूर्ण हो तो उक्त प्रक्रिया कुछ कठिन होजाती है; तथापि ऐसी पगडण्डीयें प्रायशः मिलजाती हैं जिनके द्वारा उक्त उद्देश्य कियत् परिमाण सिद्ध होजाता है। जब यह निर्धारित होजाय कि किस पर्वत पार्श्व अथवा उपत्यका भूमि द्वारा पथ ले जाना है तब वहां यदि कोई पुराना पथ हो तो उसपर कम्पास लगाकर उसका चित्र पहिले बनाले ना चाहिये। इस प्रकार चित्रों से नूतन पथका मार्ग निर्धारण सुकर होजाता है। तदनन्तर सड़क की ढाल निरूपण करनी चाहिये, यह बात कुछ तो सड़क के प्रयोजन पर निर्भर करेगी और कुछ टिकाव वा पड़ाव के स्थानों पर और कुछ एवंविध प्रकार अन्यान्य विवेचनाओं पर। शीघ्रगति के निमित्त

* कठिनता से चढ़नेयोग्य

सड़क के किसी भागमे ढाल २० मे १ से अधिक न हो-
नी चाहिये, और यदि हो सके तो इससे भी न्यून होनी
चाहिये। यदि साधारण रूपसे न्यूनतम ढाल ३०
मे १ ली जाय तो किसी २ स्थान मे २० फुटमे १ फुट
की ढाल कर देने से व्यय का लाघव होजायगा, क्यों-
कि बैलों का जोड़ा पूरे बोझको ऊंची सलामी पर थो-
ड़ी दूर तो लेजा सकेगा पर सारी सड़क पर ऊंची स-
लामी कर दो तो वह न ले जा सकेगा। जब यह निर्धा-
रित होजाय कि पहाड़ की कितनी ऊंचाई को उलङ्घ-
न करना है और ढालभी निश्चित होजाय तो ढाल
को ऊंचाई से गुण करने से न्यूनतम लम्बाई निकल
आवेगी। इसके पीछे पथ की साधारण दिशा की ओर
पहाड़ की अधिकतम लम्बाई लो, तो इससे अत्यन्त
सुगम चढ़ाई निकल आवेगी। यदि कोई कन्दरा वा
उपत्यका भूमि उस देश वा पर्वत की ओर दूरतक वि-
स्तीर्ण हो जिस पर चढ़ना है वा जिसको उलङ्घ कर
जाना है तो वहां अच्छी सड़क बनने की सम्भावना
है; पर्वत पार्श्व की सड़क टेढ़ी मेढ़ी होने से बहुत
लम्बी होजाती है, और वह लम्बाई अधिकांश चढ़ाई
की सलामी घटाने के निमित्त होती है; पर उपत्यका
भूमि पर जो सड़क जाती है उसमे दोनों उद्देश सिद्ध

होते हैं, अर्थात् चढ़ाई की सलामी भी लम्बी होती है और वह लम्बाई गन्तव्य दिशा की ओर होने से रस्ता भी कटता जाता है। इस हेतु जहां हो सके पर्वत पार्श्व की अपेक्षा उपत्यका भूमि पर सड़क ले जाना श्रेष्ठ है; पर यह भी ध्यान रखना चाहिये कि वह उपत्यका पर्वत के इस प्रकार पाद तल पर न हो कि जो पथिकों को अस्वास्थ्य कर हो क्योंकि किसी२ पर्वत की तराई रोग-जनक होती है। वा जो समय२ मे पर्वतस्थ प्रवाहों से डूब जाती हो;

वस्तुतः पर्वतों पर मार्ग निरूपण करना बड़ाही कठिन है, उसे सम्पूर्ण रूप नियम बद्ध करना असम्भव है, इसलिये जो पार्वतीय पथ निर्माण मे प्रवीण है, अर्थात् जिसने ऐसी सड़कें बहुत देखी हों वा बनवाई हों, और जिसे अभ्यास हो उसके द्वारा यह कार्य करवाना चाहिये, क्योंकि नूतन मनुष्य वा अनाड़ी से बहुत भूल होने की सम्भावना है।

पार्वतीय पथ[1] चिह्नित करने वाले को एक (वायु शून्य) वायुमान यन्त्र अपने पास रखना चाहिये जिसके द्वारा पर्वत के एक स्थान अपेक्षा दूसरे स्थान की उंचाई निचाई स्थूल रूपसे ज्ञात हो सकेगी।

(1) Aneroid Barometer

३०। **मृत्कर्म्म-** पहिले कहागया कि सड़क की भराई के लिये उसके पार्श्व मे खाते लगाने चाहियें। इन खातों की गहराई २ फ़ुट की होनी चाहिये वरञ्च उस से भी न्यून होसके तो अच्छा है* क्योंकि अल्प गहराई होने से वह अल्पकाल मे भर जाती है और फेर वह भूमि कृषि-कर्म्म मे काम आसकती है, चौड़ाई इन खातों की मट्टी के परिमाण पर निर्भर करेगी, अर्थात् सड़क मे जितनी अधिक मट्टी आवश्यक होगी उतनीहि खातों की चौड़ाई अधिक होगी; ये खाते सड़क के साथ सीधे लम्बे चले जाने चाहियें, इधर उधर गढ़े न करने देने चाहियें, क्योंकि वे देखने मे भी बुरे लगते हैं और वृथा अधिक स्थान रोकते हैं, पर खेत से आनेजाने के लिये इन खातों के बीच प्राय ५० फ़ुट के अन्तर पर एक२ छोटा सा रस्ता रख देना चाहिये। यह अनुमान करके देख लेना चाहिये कि खाते से सड़क तक मट्टी की ढुलाई टोकरी से, हथ गड़डी से, गधों से वा रेल गाड़ी प्रभृति अन्य उपाय से सस्ती पड़ेगी; जिसमे व्यय का लाघव हो वह उपाय अवलम्बन करना चाहिये। भराई की साधारण रीति यह है कि सड़क जितनी ऊंची करनी है उससे कुछ अधिक मट्टी

---

* पर कोइयों का मत है कि खाते ४ फ़ुट गहरे अच्छे हैं क्योंकि उनमे वृष्टि का पानी भरा रहने से उसके द्वारा कृषि कर्म्म मे सहायता होती है अर्थात् शस्य सिञ्चित होसकता है।

पहिले डालते चले जाते हैं (मट्टी के बड़े ढोमों को तोड़ देना चाहिये) फेर सड़क की और सलामी की दरेसी अर्थात उसे परिस्कार करते हैं; फेर उस सड़क को एक दो बरसात छोड़ देते हैं जिससे मट्टी बैठ जावे, जब मट्टी सम्यक् रूप बैठ जावे तब खड़े चित्र के अनुसार कहीं थोड़ी सी छिलाई कहीं भराई करके सड़क को ठीक कर लेना चाहिये। सलामीओं पर जहां दोमके घास लगा देना चाहिये। जहां सड़क को बहुत शीघ्र बनाने की आवश्यकता है, अथवा उसके जल से क्षति न होजाने की सम्भावना है, वहां तीन २ इन्च मट्टी के रद्दे बिछाकर उसे भले प्रकार कूट देना चाहिये। जहां कटाई की आवश्यता है वहां उसे चित्रानुसार कर लेना चाहिये; यदि बड़ी गहरी कटाई हो तो सलामी के अधबीच मे पानी के पकड़ने की नालीयें बनादेनी चाहियें और इन नालीयों का पानी छोटी २ आड़ी नालीयों के द्वारा सड़क के पार्श्व की नालीयों मे आकर गिरे। जहां दलदल भूमि के ऊपर सड़क जावे वहां पहिले सड़क के दोनों पार्श्व मे नालीयें बनाकर पानी को निकाल देना चाहिये; इन लम्बी नालीयों को आड़ी नालीयों से युक्त करना चाहिये इस उपाय से सड़क की भूमि का पानी यदि सम्पूर्ण निकल जाय

तौ तो अच्छा नहि तो जहां तक होसके उसे निकाल कर उसके ऊपर इतों की टहनीयें बराबर बिछा देनी चाहियें तदनन्तर लघु इच्छा से सड़क बनानी चाहिये जिससे वह दल दल के ऊपर एक प्रकार तरती रहे; यह न समझना चाहिये कि ईंट पत्थर मट्टी फेंकने से आप सड़क बन जायगी, क्योंकि भारी सामग्री दल दल मे सब डूब जाती है।

३१। सुरङ्ग - सड़क मे जब बहुत गहरी कटाई की आवश्यकता हो तो उसे ऊपर से सब न काट कर यदि सुरङ्ग खोद ली जाय, तो उसमे खुदाई बहुत बच जाती है, पर इस प्रकार खुदाई मे व्यय अधिक होता है; इसलिये अनुमान करके देख लेना चाहिये कि कितनी गहरी कटाई मे सारी कटाई के व्यय की अपेक्षा सुरङ्ग का व्यय अल्प होगा। साधारण मृत्तिका मे अनुमान ८० फ़ुट की कटाई होने मे सुरङ्ग खोदना उचित है। परन्तु सुरङ्ग की आवश्यकता रेल की सड़कों मे हि पड़ती है साधारण सड़कों मे बहुत कम पड़ती है।

३२। बारूद से उड़ाना। - जहां पत्थर, अथवा बड़ी हढ़ वा जमी हुई मट्टी, काट कर सड़क बनाने की आवश्यकता होती है वहां बारूद के द्वारा कटाई होती है।

(१)
जब्बल नामक उपकरण द्वारा (जो लोहे और फौलाद की एक लम्बी डण्डीसी होती है) पत्थर प्रभृति मे छिद्र किया जाता है, जिस बिन्दु पर छिद्र करना होता है, जब्बल को उठाकर उस पर बारम्बार चोट लगाते हैं, और प्रत्येक चोट मे जब्बल को ईषद्भ्रक करलेते हैं जिससे एक चोट दूसरी के ऊपर तारे की किरण की न्याई ✱ तिर्छी पड़ती है। छिद्र १ फुट से ४ फुट तक गहरा होता है, और व्यास उसका १ से २ इन्च तक होता है। एक मनुष्य दिन भर मे साधारण दृढ़ पत्थर मे १८ इन्च लम्बा और २ इन्च व्यास छिद्र कर सकता है। छिद्र मे यदि पानी तरित हो तो कली के द्वारा उसे शुष्क करना चाहिये और बारूद को
(२) (३)
वाटरप्रूफ कॉर्ट्रिस मे भर कर रखना चाहिये। यथा-परिमाण बारूद ताम्बे की नली और फनैल द्वारा छिद्र मे प्रविष्ट करना चाहिये (जिससे पार्श्व मे कुछ बारूद न लगजाय), उसके ऊपर सूखी घास प्रभृति भरनी चाहिये और छिद्र के अवशिष्ट भाग को शुष्क मृत्तिका अथवा ईषत्‌ छिन्न ईट के टुकड़े वा सुर्खी से ठोसकर भरना चाहिये। इन सब वस्तुओं को ताम्बे की गज़ के द्वारा अच्छे प्रकार से ठोक देना चाहिये। पर इनके बीच मे से आग देने का कोई उपाय पहिले रख दिया जाता

(१) Jumper (२) water-proof
(३) Cartridge (४) Funnel

है; यथा, अग्नि-ज्ञापक[1] बारूद से भरी हुई नल जिसमे दिया सलाई से आग लगा दी जाती है; पर जहां मिलसके फ्यूज़[2] नामक रज्जु द्वारा अग्नि संयोग करना चाहिये, इस रज्जु का विशेष गुण यह है कि निर्दिष्ट काल मे कितनी जलेगी यह बात पहिले से निर्धारित हो सकती है, जिसका फल यह है कि उक्त काल के पूर्व बारूद के उड़ने का भय नहि रहता। बारूद का परिमाण और छिद्र की दिशा भी बहुत विवेचना सापेक्ष है; ये ऐसे होने चाहियें कि जिनसे कार्य्य सिद्धि अच्छी हो और अनावश्यक व्यय भी न हो। बारूद का परिमाण, "न्यूनतम विरोध की रेखा[3]" अर्थात बारूद राशि से शिला के बहिर्भाग के न्यूनतम अन्तर पर (जो छिद्र की दिशा मे न होना चाहिये) निर्भर करता है। उक्त रेखा की लम्बाई के घन के अनुपात सम्बन्ध से बारूद के परिमाण का न्यूनाधिक्य होता है; यथा किसी शैल की न्यूनतम विरोध की रेखा यदि २ फुट हो और उसके उड़ाने मे २ छटांक बारूद लगे, तो उसी प्रकार शैल मे न्यूनतम विरोध की रेखा ३ फुट होने से बारूद का परिमाण (इस अनुपात के अनुसार) $२^३ : २ :: ३^३ : ६\frac{३}{४}$ छटांक होगा। यह आपेक्षिक[4] परिमाण हुआ, पर शुद्ध[5] परिमाण बारूद की शक्ति और शिला के काठिन्य पर निर्भर

(1) Priming Powder (2) Fuse
(3) Line of least resistance (4) Relative
(5) Absolute

करता है और उसे परीक्षा से जानना चाहिये।

उक्त सब शैल पर निम्नस्थ सुरङ्ग से अच्छी का-र्य्य सिद्धि होती है; अर्थात्, नीचे सुरङ्ग लगाकर उक्त प्रकार से कुछ प्रस्तर खण्ड उड़ा दिये जाते हैं, और अवशिष्ट पत्थर जो ऊपर लटकते रह जाते हैं उन्हें कौल्ह(१) प्रभृति उपकरणों से ढा देते हैं।

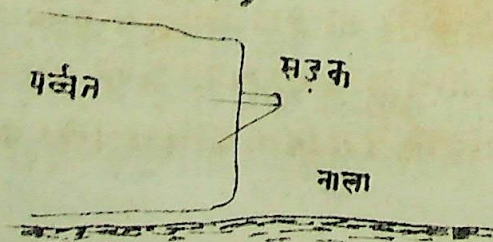
जब बड़े शब्द के साथ पत्थर चारों ओर विक्षिप्त होते हैं और कुछ निकले हुए रह जाते हैं तब अच्छी सुरङ्ग नहिं उड़ती; पर जब शब्द थोड़ा होता है और प्रस्तर राशि ऊपर उठ कर सम्पूर्ण चूर्ण हो जाती है तब सुरङ्ग अच्छी उड़ती है। यदि सुरङ्ग से शैल केवल हिल जावे और पत्थर बाहर न सरकें, तो पहिले छिद्र मेंहि फेर बारूद भर कर उड़ाने से बहुत अच्छी सुरङ्ग उड़ती है।

(२) गैल्वीय शक्ति द्वारा यदि बारूद में आग दी जाय तो बहुत इससे भी यह कार्य्य सम्पन्न होसकता है, और काम करने वालोंको किसी प्रकार हानि-की शङ्का नहिं रहती; वरन्च इसके द्वारा कई सुरङ्गों की पंक्ति एक साथ उड़ सकती हैं और एकता द्वारा बल भी अधिक होजाता है।

१३। पर्व्वत-पार्श्विक-पथ— पर्व्वत-पार्श्व

(१) Crow-bar (२) Galvanism

मे जो सड़क बनती है वह आधी कटाई और आधी भराई से हो तो व्यय मे लाघव होता है। भराई के अंश मे स्वाभाविक सलामी पत्थरादि पात्थर को चिन न देना चाहिये, वहां सीढ़ी सी काट कर स्थान को कुछ समतल कर लेना चाहिये, और कटाई के अंश से भराई के अंश को कुछ ऊंचा रखना चाहिये ताकि बैठ कर उसके समान होजाय। यदि सलामी अधिक हो तो कटाई और भराई दोनों के थामने के लिये "आड़की दिवालें" बनानी पड़ती हैं; बड़े पत्थरों को तो सूका चिन देने से हि यह दिवाल बन जाती है, पर छोटे पत्थर हों तो चूने की चिनाई करनी चाहिये। पर्वत-पार्श्व मे यदि सम्पूर्ण पत्थरादि हों तो ऊपर की ओर दीवाल की आवश्यकता नहि, सीधी सलामी काट लेने से हि पत्थर के गिरने की आशङ्का नहि रहती। पर्वत पार्श्व यदि सीधा खड़ा हो जैसा कि नदी नालों के दोनों ओर कभी२ होता है, तो उसके पार्श्व मे शहतीरों का पटाव करके भी उसके ऊपर सड़क बनाई जाती है। यथा चित्र ५ मे -

(चित्र ५)

शहतीरों का एक सिरा शैल मे गहरा छिद्र करके उस मे गाड़दिया जाता है और दूसरा सिरा ठेकी पर थमा रहता है, उन ठेकीयों का निचला सिराभी पर्व्वत-पार्श्व मे दृ गड़ा रहता है।

२४। सड़क का पक्का करना- इस देश मे लकड़ी वा तखते की सड़क का काम नहि पड़ता; केवल कङ्कर वा पत्थर वा ईट की सड़क काहि बहुत व्यवहार है; इसलिये इस प्रकार सड़क निर्म्माण की रीति का वर्णन नहि यहां यथेष्ट होगा।

२५। पत्थर की सड़क के लिये, हथौड़ी से पत्थरको तोड़ कर उस्के ऐसे छोटे२ खण्ड कर लेने चाहियें कि प्रत्येक खण्ड २॥ इन्च के छले मे से निकल जासके। सड़क की भूमिको जैसा चाहिये ठीक करके पत्थर खण्डों का ४ इन्च मोटा रद्दा उस पर बिछा देना चाहिये। फेर कुछ दिन सड़क को खुली छोड़देनी चाहिये जब पहिला रद्दा यातायात से बैठ जाय तब उस पर दूसरा रद्दा बिछा कर फेर सड़क को खोल देना चाहिये; सो तीन रद्दे सेहि सड़क अच्छी बन जाती है। कुछ पत्थर का चूरा वा रेत मृत्तिका उस पर छिड़का दिये जाने से पत्थर खण्ड अच्छे जम जाते हैं; पर ऐसा नहि कि इस बिना काम न चले। पत्थर के जमाने के

लिये लोहे का भारी ढोल(१) भी सड़क पर फेरते हैं; इस ढोल के भीतर ईंट पत्थर भरे ऊपर होते हैं और इसके खैंचने में प्राय छय जोड़े बैलों के लगते हैं।

२९। कङ्कर की सड़क में भी ४॥ इञ्च मोटा रद्दा बिछाना चाहिये। सामान्य सड़क के वास्ते दो रद्दे और अच्छी सड़क के वास्ते तीन रद्दे बहुत हैं। जहां कङ्कर की चकती अर्थात् बड़े कङ्कर मिल सकें वहां ४॥ इञ्च मोटे कङ्कर के टुकड़ों का निचला रद्दा बिछा कर उसके ऊपर छोटे कङ्कर छानकर बिछाने चाहियें। प्रत्येक रद्दे को लोहे वा लकड़ी के दुर्मट(२) से भले प्रकार कूटना चाहिये; अच्छी कुटाई पर हि सड़क की श्रेष्ठता निर्भर करती है। कुटाई की तीन अवस्था हैं, पहिली सूकी कुटाई, दूसरी भीगी कुटाई, तीसरी अधिक पानी से कुटाई; कूटने वाले सिरसे पांव तक छींटे से जबतक भर न जांय तबतक यह समझना चाहिये कि पानी अच्छा नहि पड़ा और वह कुटाई अच्छी नहि होगी। कूटने वालों को पंक्ति-बद्ध करके खड़ा करना चाहिये, इधर उधर कूटने से कुटाई समान नहि होती, प्राय ग्यारह फ़ुट के अन्तर पर एक २ पंक्ति को खड़ा करना चाहिये। यदि सड़क की भूमि समतल हो और बी-

(१) Rollers (२) Rammer

च मे ४॥ इन्च कङ्कड़ डाले जावें और किनारे पर ३ इन्च, तो ४॥ इन्च के कुटकर ३ इन्च रह जाने चाहियें और ३ इन्च के २ इन्च, पर जहां सड़क की भूमि ढाल के साथ ठीक की गई हो वहां कङ्कड़ समान बिछाया जाता है जैसे पत्थर की सड़क पर। सड़क जब अच्छी चिकनी और पत्थर के फ़र्श की न्याई समान होजाय तब कुटाई को समाप्त करना चाहिये। कुटी हुई सड़क जब तक सूक न जाय तब तक उस पर यातायात न होने देना चाहिये। जहां कङ्कड़ दुर्लभ वा महंगा हो, वहां निचले रद्दे मे पक्की ईंटों के टुकड़े बिछा दिये जा सकते हैं।

२७। ईंटों की कुटाई यदि किसी सड़क पर करनी हो तो वह ईंटें अच्छी चिकनी मट्टी की होनी चाहियें; यदि उस मट्टी मे बालू का अंश अधिक होगा तो शीघ्र उनका चूरा हो जायगा। सड़क की कुटाई मे पजावे की सब वस्तु लग जाती हैं; निचले रद्दे मे झांवा लग जाता है, उसके ऊपर ईंटों के टुकड़े, ईंटों के बीच मे जो पीली ईंट मिली होगी वह भी र ईंटों को जमा देगी।

२८। चाहे किसी वस्तु की कुटाई हो, बड़ी बात

यह है कि सड़क की भूमि (जिस पर कुटाई होने वाली हो) दृढ़ हो; इसी हेतु यदि सड़क भराई की बनी हो तो उसपर कुटाई करने के पहिले उसे भले प्रकार बैठ जाने देना चाहिये। और कूटे हुए भाग की मोटाई ६ इन्च से न्यून न होनी चाहिये, जिससे दबाव सारे में समान पड़े और सड़क कुछ दिन ठहरे भी।

रक्षा और संस्कार

२९। सड़क को बना कर यदि उसकी रक्षा और संस्कार न करना हो तो उस बनाने से न बनाना हि अच्छा है। बेमरम्मत पक्की सड़क सड़क हि नहि, पर यदि उसकी मरम्मत पर नियत थोड़ासा व्यय किया जाय तो उस पर अधिक व्यय की कभी आवश्यकता न होगी। सड़क की रक्षा के निमित्त मैल पीछे कुछ कुली नियुक्त कर रखने चाहियें और सड़क के नीचे कुछ कङ्कर प्रभृति मसाला भी रख छोड़ना चाहिये। सड़क मे जहां कहीं गर्त छिद्र वा गहरी लीक पड़ जाय उसे वहां तुरन्त मरम्मत कर देनी चाहिये। जब सड़क बहुत कट जाय तो उसपर सर्व्वत्र ३ इन्च का रद्दा फेर कूट देना चाहिये; ऐसी कुटाई बड़ी सड़कों पर प्राय चौथे बरस आवश्यक होती है। सांवत्सरिक संस्कार बरसात के पीछे आरम्भ करना

सफाई पर छोटे, टूट फूट को नवीन-संस्कार दि उचित है। कुराई के संस्कार के साथ सलामी पटरी, नाली प्रभृति का भी संस्कार करना चाहिये।

द्वितीय अध्याय

सेतु अर्थात् पुल बनाने की रीति

१। प्रथम भाग के नवप्रकरण मे महराब प्रभृति का जो वर्णन है उसकी उपयोगिता इस प्रकरण मे भी है, पर इसमे विशद रूप से सारा विषय वर्णित होगा, सो कहीं २ यदि कुछ पुनरुक्ति दृष्ट होतो उसे दोष नहीं समझना चाहिये।

२। संज्ञा- सड़क का जो भाग पुल पर चढ़ाई उतराई के निमित्त होता है उसे आगम[1] कहते हैं। दोनों तट पर जो पुल के स्तम्भ होते हैं, जिन पर सिरे की महराब टिकी हुई होती है, उन्हे पार्श्वस्तम्भ[2] कहते हैं; और बीच के जो स्तम्भ होते हैं उन्हे मध्यस्तम्भ[3] कहते हैं। आगम के दोनों ओर जो दीवालें होती हैं जिनके सहारे भराई की मट्टी टिकी हुई होती है उन्हें पंख[4] कहते हैं। ऊपर और नीचे की धार की ओर जो पुल का मुख होता है उसे ललाट[5] कहते हैं। ललाट के बाहर जो मध्यस्तम्भ का अग्रभाग बढ़ा हुआ होता है उसे अम्बुछेदक[6] कहते हैं। पुल के दोनों सिरे के बीच मे जो मध्य रेखा जाती है उसे धुरा[7] कहते हैं।

(1) Approaches (2) Abutments (3) Piers (4) Wings (5) Head walls (6) Cut waters or starlings (7) Axis

महराब के भीतर के तल को अन्तर्छेद[1] कहते हैं, और बाहर के तल को बहिर्छेद[2]। महराब के दोनों निचले सिरे को, जहां से वह आरम्भ होती है, उत्थान[3] कहते हैं। अन्तर्छेद के एक सिरे से दूसरे सिरे का जो अन्तर है उसे पाट[4] वा प्रादेश कहते हैं। महराब के सब से ऊपर के स्थान को चूड़ा[5] कहते हैं। उत्थान के कुछ ऊपर और चूड़ा के कुछ नीचे जो महराब का भाग होता है उसे कटि[6] कहते हैं। चूड़ा के ऊपर पड़ी रेखा और बहिर्छेदों के बीच जो स्थान रहता है उसे कच्चार[7] कहते हैं। छत के ललाट के ऊपर सड़क के दोनों ओर जो दीवालें होती हैं उन्हें मुंडेर[8] कहते हैं। बहिर्छेद और मुंडेर के बीच में जो चिनाई होती है उसे बीड़[9] कहते हैं। खम्भों के बीच जो जल निकलने का पथ होता है उसे वारि द्वार[10] कहते हैं। यथा, चित्र २ में

अअअअ	= आगम	फफ	= बहिर्छेद
कक	= पार्श्वस्तंभ	उउ	= उत्थान
लल	= मध्यस्तम्भ	पपप	= पाट
गगगग	= छत	चचच	= चूड़ा
ललल	= ललाट	सस	= कटि
छछछ	= अन्तर्छेदक	टट	= कच्चार
धध	= धुरा	मुमु	= मुंडेर
जज	= अन्तर्छेद	बी	= बीड़

(1) Intrados (2) Extrados (3) Springings (4) Span (5) Crown (6) Haunches (7) Spandrel (8) Parapets (9) Blocking-Course (10) Bay

३। निधान[1]– पुलका निधान (अर्थात् स्थान जिस पर उसे बनाना चाहिये) निरूपण करना बहुत विवेचना सापेक्ष है। पहिले तो जिस नदी वा नाले के निमित्त पुल बनाना है उसका (उस स्थान से जहां पुल बनने की कुछ सम्भावना पाई जाय दोनो ओर) कुछ दूरतक परिमापन[2] करके चित्र बना लेना चाहिये। धारकी लम्बाई और चौड़ाई की दिशा मे स्थूल रूप से खड़ा चित्र भी बना लेना चाहिये। इन चित्रों मे वे स्थान विशेष करके चिह्नित करने चाहियें जो कि विशेष २ ऊष्म और वृष्टि अतिवृष्टि प्रभृति मे जल के चढ़ने की सीमा हैं, इसी प्रकार तर को भी चिह्नित करना चाहियें; पड़े चित्र मे धार की दिशा* अङ्कित करनी चाहिये। इन चित्रों मे यह भी लिखना चाहिये कि जल भूमि की सम्तिका कैसी है, विशेषर चढ़ाई मे जल का वेग कितना होता है, और नदी ने कहां२ तक और कितने काल पीछे अपना स्थान बदला है इत्यादि। इन चित्रों के और तल्लिखित प्रमाणों के दो मुख्य उद्देश्य हैं, एक इस विषय का निरूपण कि वह स्थान कौनसा है जहां पुल बनाने से पानी (उसके द्वारा रुक कर) इ

* यह दिशा शर के चिह्न से अङ्कित होती है। यथा; ← जिस ओर गम जाता है वह शर के अग्र भाग से निर्दिष्ट होता है।

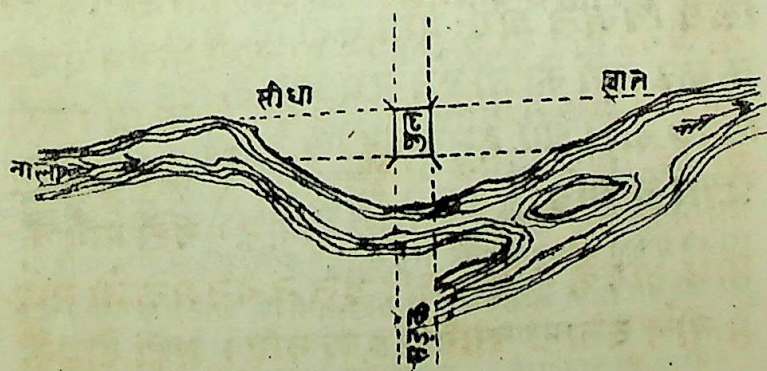
(1) Site (2) Survey

तना न चढ़ जायगा और इतना वेग विशिष्ट न हो जायगा कि जिससे पास की भूमि ब्लावित होकर भग्न हो अथवा नदी की भूमि बदल जाय; दूसरा यह कि पुल की नीव रखने योग्य स्थान कौनसा है जहां पुल के विनष्ट होने की सम्भावना न हो। ये दोनों बातें जहां मिलें वही पुल का श्रेष्ठ निधान है। इसके सिवाय यह भी दृष्टि रखनी चाहिये कि किस स्थान मे पुल बनाने से उसके और पथ के निर्माण मे व्यय का लाघव होगा, और यदि पथ पहिले-हि बना हो तो जहां तक होसके पथ के ऊपर अथवा उसके निकट वर्ती स्थान पर पुल बनाया जावे।

४। सामान्य रूपसे पुलके श्रेष्ठ निधान ये हैं। जहां ऊपर की ओर कुछ दूरतक नदी वा नाले का मार्ग सीधा हो, जहां नदी गर्भस्थ मृत्तिका दृढ़ हो, और दोनों ओर के तट ऊंचे और स्पष्ट हों। जहां नदी वा नाले का मोड़ हो ऐसे स्थान पर कभी पुल न बनाना चाहिये। पुलके स्तम्भों की नीव यदि शिला पर रक्खी जासके तो वह नींव भी दृढ़ होती है और पुल-निर्माण मे व्यय का भी लाघव होता है। नदी मार्ग के सीधे भाग के मध्य मे यदि पुल न बन सके तो मध्य से नीचे बनाना चाहिये ऊपर नहि। जहां होसके

धार की दिशा के लम्ब मे पुल का धुरा करना चाहिये। पर जहां यह न हो सके वहां केवल पुल के स्तम्भ धार की दिशा मे होते हैं, और पुल का धुरा लम्ब से टेढ़ा होता है; इस निमित्त इस प्रकार पुल को वॅक्सेक्ज[(१)] कहते हैं पर वक्रता अर्थात् पुल के धुरे और धार की दिशा से जो कोण बनता है वह सीधे कोण से १० अंश तक न्यून वा अधिक हो तो हानि नहि, पर इससे अधिक वक्रता न होनी चाहिये; पुल के स्तम्भ यदि धार की दिशा मे नहीं तो उनके पार्श्व पर सतत पानी की टक्कर लगेगी जिससे उनके गिर जाने की सम्भावना है। कहीं नाले इस प्रकार वक्र होते हैं कि एक सीधा स्थान काट कर उनके मार्ग को बदल देना पड़ता है और उस सीधे स्थान पर पुल बनाया जाता है यथा चित्र २ मे

(चित्र २)

(१) Askew bridge

किसी २ स्थल में, जहां पहिले से सड़क बनी हो और उसका मोड़ना उचित न समझा जाय वहां भी नाले का मार्ग कभी २ बदलना पड़ता है और ऊंचे तट स्वरूप मट्टी का बन्द लगाना पड़ता है; कहां ऐसी आवश्यकता है और नये नाले और बन्द का आकार कैसा होना चाहिये यह स्थानिक तत्त्वानुसार निर्माता स्वयं विवेचना कर सकता है। बन्द बनाने की रीति नदियों के प्रकरण में उक्त होगी।

५। **जलनिर्गम**– जब पुल का स्थान निरूपित होजाय तब जल के निर्गमन के निमित्त कितना स्थान आवश्यक है यह निरूपण करना चाहिये। जल निर्गमन स्थान निरूपण करने में दो मुख्य लक्ष्य होते हैं। एक यह कि जल का ऊंचे से ऊंचा चढ़ाव[1] पुल के नीचे से बिना किसी प्रकार हानि किये निकल जाय; ऐसा न हो कि पुल से जल[2] रुक कर तटों को तोड़ते हुए पास के खेत प्रभृति को विनष्ट करे। और दूसरा यह कि जल के वेग में इतना अन्तर न आवे कि उससे नाले की भूमि कट जाय

(१) ऊंचे से ऊंचा चढ़ाव का चिह्न पास के रहने वालों से पूछ लेना चाहिये।

(२) यदि पुल इतना लम्बा बनाया जाय जितनी कि आदितम चढ़ाव के समय नदी की स्वाभाविक चौड़ाई हो तो तो पानी का कुछ भी रुकाव नहिं होता, पर व्यवहार में इतना लम्बा पुल बनाया नहिं जाता, इस निमित्त पहिले से पुल के नीचे पानी का चढ़ाव और वेग अधिक होता है।

और पायों की नींव उखड़ कर पुल गिर पड़े। वेगकी वृद्धि होनेसे नदी गर्भस्थ भूमि कट जाती है और वेग का ह्रास होनेसे प्रवाह नीत मट्टी प्रभृति एकत्र होकर भूमि ऊंची होजाती है, पर यह ऊंचाई पुल के किसी २ वारि द्वार मे होने से अवशिष्ट वारि-द्वार मे भूमि पूर्ववत् कट जाती है और उससे पुल के गिर पड़ने की वैसीहि आशङ्का होती है; इसलिये जितना उचित है उससे वेगकी न वृद्धि होनी चाहिये न ह्रास।

८। कृत्रिम जल निर्गम के वेग के निर्धारण करने की स्थूल रीति यह है कि जल के प्राय समान जिसका गुरुत्व हो ऐसी कोई वस्तु यथा मोम कष्ठ प्रभृति पानी के बड़े चढ़ाव के समय मझधार* मे छोड़ देना चाहिये और एक निर्दिष्ट स्थान से दूसरे निर्दिष्ट स्थान तक उसके पहुंचने मे जितना विलम्ब हो उसके द्वारा यह निश्चय किया जाय कि सेकण्ड मे पानी की कै फुट गति है। इस गति का ४/५ स्वाभाविक जल निर्गम का मध्यम वेग समझो। कृत्रिम जल निर्गम का मध्यम वेग इस ध्रुवे से निकलेगा।

$$\text{वे}_{१} = \text{स}\,\frac{\text{प}_{२}}{\text{प}_{१}}\,\text{वे}_{२}$$

---

* जहां जल की अधिकतम गहराई हो।

इसमे वे, कृत्रिम जल निर्गम का मध्यम वेग[1] है और प, उसका परिच्छेद मान है, वे, स्वाभाविक जल निर्गम का मध्यम वेग है और प, उसका परिच्छेद मान है। स एक अङ्क है जो विभिन्न परीक्षाओं मे १.०९६ निरूपित हुआ है।

८। अब कृत्रिम जलनिर्गम के निर्धारण करने की सुगम रीति लिखी जाती है। पुल के स्थान मे नदी का परिच्छेद मान निश्चायक (अर्थात चौड़ाई की दिशा का) खड़ा चित्र बनावे इस खड़े चित्र मे

(१) कृत्रिम जल निर्गम का मध्यम वेग जो स्वाभाविक निर्गम के वेग से कुछ अधिक होगा ऐसा होना चाहिये कि जिससे नदी गर्भकी मृत्तिका कट न जाय। इस निरुद्ध वेग का परिमाण परीक्षा द्वारा हि जाना जा सकता है। यूरोपीय निर्माताओं ने बड़ नालों मे जिनकी तली और पार्श्व मे लकड़ी लगाई गई थी परीक्षा करके देखा था, उस परीक्षा मे यह ज्ञात हुआ कि

प्रति सेकण्ड इतने फुट वेग मे	इस प्रकार बह जा सकती है	उस वस्तु का सम्बन्धी गुरुत्व[*]
०.२५ —	चिकनी मट्टी (जिससे बरतन बनते हैं)	२.६४
०.३११ —	बालू, छोटे दाने वाली	२.५४५
०.८१ —	बालू मोटी	२.३६
०.६५१ —	पत्थर के दाने मटर समान	२.५४५
१.०७ —	— तथा —— बड़े बड़े (सेम के समान) ..	२.५६५
२.१७ —	गोल पत्थर १ इञ्च मोटे	२.६१४
३.२ —	नोकदार पत्थर — कुकुड़ी के अण्डे के समान	२.२५

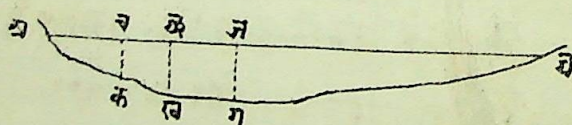
कर्नल चवर साहब का मत है कि प्रति सेकण्ड ५.६ फुट के वेग से पुल उलट के गिर पड़ने का भय होता है जिसकी नींव दृढ़ मृत्तिका पर न हो; अतएव ५ फुट से अधिक वेग कृत्रिम जल-निर्गम का नहीं होना चाहिये। कृत्रिम जल निर्गम से पानी बंद होकर स्वाभाविक निर्गम अपेक्षा कुछ उसका प्रवाह बढ़ जाता है और इस वर्द्धित प्रवाह से वेग भी बढ़ जाता है। ५ इञ्च के वर्द्धित प्रवाह से वेग ५ फुट होता है अतएव ५ इञ्च से अधिक जिससे प्रवाह न बढ़े ऐसा कृत्रिम जल निर्गम रखना चाहिये। प्रवाह के कितने बढ़ने से वेग कितना बढ़ता है यह निम्नलिखित प्रकोष्ठ से विदित होगा। (५५ के पत्रे में देखो)

[*] Specific Gravity

ऊंचे से ऊंचा पानी का चढ़ाव और प्राय पचास पचास फ़ुट के अन्तर पर नदी की गहराई माप

नदिमें प्रवाहकी ऊंचाई	वेग प्रति सेकण्ड	निदर्शन
	फ़ुट	
१ इन्च	२·३०९३६	
२ –	३·२६५९	अण्डे प्रमाण नोकदार पत्थर को बहा ले जाता है
३ –	३·५६५०	
४ –	४·६१८६	
५ –	५·१६४०	
६ –	५·६५६९	
७ –	६·११०१	
८ –	६·५३२०	
९ –	६·९२८५	
१० –	७·३०२९	
११ –	७·६६९४२	
१ फ़ुट	८·	
१–२ इन्च	८·९४४३	
१–६ –	९·९७९७	
१–९ –	१०·५८४	
२ —	११·३१४	इस प्रवाह ने बालू मय भूमि को २२ फ़ुट की गहराई तक खोद डाली थी
२– ३ –	१२·०२८	
२– ६	१२·६४९	
२– ९ –	१३·२६६	पत्थर रूपी विशिष्ट भूमि को खोद डालता है
३ –	१३·८५६	
४ –	१६	
५ –	१७·८८९	
६ –	१९·५९६	
७ –	२१·१६६	
८ –	२२·६२७	
९ –	२४·	
१० –	२५·२९८	

कर नदी गर्भ का आकार अङ्कित करना चाहिये। इसी प्रकार सेतु विधान के एक मील ऊपर और एक मील नीचे स्थान के भी खड़े चित्र बना लेवे, और उन दोनों स्थानों में से सेतु के स्थान तक नदी गर्भ की ढाल जानने के निमित्त लम्बाई की दिशा का भी खड़ा चित्र बनाले। उक्त खड़े चित्रों से (ऊंचे से ऊंचे चढ़ाव की रेखा और नदी गर्भस्थ भूमि के बीच) तीनों स्थान के परिच्छेद मान की गणना करले और प्रत्येक परिच्छेदमान को प्रत्येक स्थानकी नदी गर्भ की उच्चावच लम्बाई से (जो चित्र में माप के द्वारा अथवा गणना से निश्चित हो-सकती हैं) विभक्त करे, जो लब्धि हो उसे "मध्यम

(१) नदी गर्भ की उच्चावच लम्बाई निकालने की गणना यह है

कल्पना करो कि अकखगघ नदी का परिच्छेद अर्थात् चौड़ाई का खड़ा चित्र है, अघ ऊंचे से ऊंची चढ़ाव की रेखा है, चक छख जग उक्त रेखा से नदी गर्भ की गहराई है। तब उच्चावच रेखा अकखगघ की लम्बाई इस राशि के समान है

$$\sqrt{अच^2 + कच^2} + \sqrt{चछ^2 + (खछ - कच)^2} + \sqrt{छज^2 + (गज - खछ)} + \sqrt{जघ^2 + जग^2} + १०$$ नदी गर्भ के टेढ़े मेढ़े होने के निमित्त

जलीय गहराई" संज्ञक अङ्क कहते हैं। फेर तीनों मध्यम जलीय गहराई को जोड़ कर ३ से विभक्त करें उससे "मध्यम जलीय गहराई" का मध्यम निकलेगा जो निम्न लिखित ध्रुवे मे ग से निर्दिष्ट हुआ है। इस रीति से जब मध्यम जलीय गहराई की गणना होजाय, तब नदी का मध्यम वेग (फुटों मे प्रति सेकेण्ड) इस ध्रुवे से निर्धारण करे -

$$\text{वे}_{२} = \frac{१०९\cdot५५(\sqrt{\text{ग}} - ०\cdot१०३१५)}{\sqrt{\text{ढ}} - \text{द्वि.प॰ लो॰}^{*}\sqrt{\text{ढ}} + १\cdot९५} - \cdot३१(\sqrt{\text{ग}} - \cdot१०३३१)$$

$\text{वे}_{२}$ फुटों मे मध्यम वेग का निर्देशक है

ग इञ्चों मे मध्यम जलीय गहराई का तथा

ढ नदी गर्भ वा जल का ढाल निर्देशक भिन्न राशि का हर है जब कि अंश १ है; यथा ५०० मे १ की

$$\text{ढाल} = \frac{१}{५००} = \frac{१}{\text{ढ}} \quad \text{और ढ} = ५००$$

अब कृत्रिम जल निर्गम की गणना इस समीकरण से करनी चाहिये

$$\text{प}_{२} = \text{स}\,\frac{\text{प}_{१}}{\text{वे}_{१}}\cdot\text{वे}_{२}$$

जहां $\text{प}_{२}$ = परिच्छेदमान नदी का पुल के स्थान मे (वर्ग फुटों मे)

$\text{प}_{१}$ = कृत्रिम जल निर्गम का परिच्छेदमान —— तथा

$\text{वे}_{१}$ = —— तथा —— विरुद्ध वेग (फुटों मे प्रति सेकेण्ड)

$\text{वे}_{२}$ = नदी का मध्यम वेग —— तथा

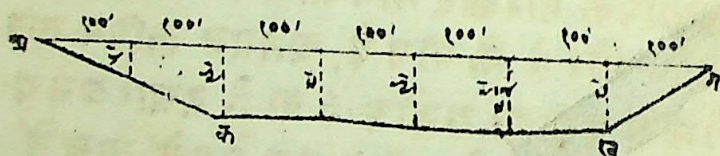
स = संख्या १·०९६ यथा ८वें परिच्छेदोक्त समीकरण मे

---

* द्वि.प॰ लो॰ द्विपयौलिक लोगारिथम का निर्देशक है। किसी अङ्क के लोगारिथम को २·३०२६ से गुणन करने से उस अङ्क का द्वि.प॰ लो॰ निकलता है; यथा ५०१·५ का द्वि.प॰ लो॰ = ५०१·५ का लो॰ × २·३०२६ = २·७००३५८ × २·३०२६ = ६·२१७८४४

८। कर्नैल पवर साहेब मध्यम वेग निकालने की यह सीधी रीति लिखते हैं। मध्यम जलीय गहराई की इञ्चों को २ मैल की ढाल की इञ्चों से गुण करके उसका वर्ग मूल लो, इससे धार के उपरितल का वेग प्रति सेकण्ड इञ्चों मे मिलेगा। इस वेग का $\frac{९}{१०}$ मध्यम वेग समझा जा सकता है(१)।

इसका दृष्टान्त-

कल्पना करो कि किसी नदी की चौड़ाई का खड़ा चित्र यह है।

इसका परिच्छेद मान ४६०८ है, और अकखग रेखा की लम्बाई यदि ७१० फ़ुट हो, तो $\frac{४६०८}{७१०} = ६.४८$ फ़ुट जलीय मध्यम गहराई। कल्पना करो कि और दो स्थानों मे जलीय मध्यम गहराई ६.८ और ६.१ फ़ुट है, तो $\frac{६.८ + ६.१ + ६.४८}{३} = ६.४६$ जो जलीय मध्यम गहराई का मध्यम हुआ, और उसके

(१) उपरितल वेग की इञ्चों का यदि व कहें और, मध्यम वेग की इञ्चों वे कहें तो -- $वे = व - \sqrt{व} + \frac{१}{२}$ (उपरितल और मध्यम वेग का यह सम्बन्ध मेजर मेक्सी साहब अपनी सेतु विषयक पुस्तक मे लिखते हैं)।

इञ्च हुए ८८.५२"। और उपरले से निचले परिच्छेद का ढाल यदि ३० इञ्च हो तो $\sqrt{८८.५२ \times ३०} = ४८.८२$ इञ्च उपरितल का वेग हुआ और $४८.२४ \times \frac{९}{१०} = ४३.४१$ इञ्च = ३.६ फुट प्रति सेकण्ड मध्यम वेग हुआ।
कल्पना करो कि हमने ऐसे एक पुल बनाने की इच्छा की है जिसके तीन महराब हों और प्रत्येक महराब का पाट ५० फुट हो और नदी गर्भ से उत्थान की ऊंचाई ६.४८ फुट हो, तो $२ \times ५० \times ६.४८ = ६४८$ कृत्रिम जल निर्गम का परिच्छेद मान, और यह नदी के स्वाभाविक परिच्छेद मान का एक ऐसा अंश है जो उसके १/२ और १/३ के बीच है, अतएव कृत्रिम जल-निर्गम से नदी का संकोच १/२ वा २/३ हुआ। अब पन्याँ* के दूसरे प्रकोष्ठ में ४ फुट वेग के सामने (जो ३.६ से निकटतम है) १/२ स्तम्भ में देखो वहां चढ़ाव १.२५५ मिलेगा, और २/३ स्तम्भ में चढ़ाव ०.६५० मिलेगा; इनका मध्यम हुआ .९५। अब पन्याँ* के पहिले प्रकोष्ठ में ५ वा ६ फुट खड़ी ऊंचाई के सामने देखो तो ८ और ११ फुट के बीच प्रति-सेकण्ड वेग ज्ञात होगा, इस वेग के सामने शिवाय शिला के और कोई वस्तु ठहर नहिं सकेगी। अतएव वेग के घटाने के निमित्त कृत्रिम जल निर्गम को

* पृ० १२ में देखो

उपरिस्थजलनिर्गम से नदी का परिच्छेद जो सङ्कुचित होजाता है उससे नदी का कितना चढ़ाव और कितना वेग होता है वह निम्न लिखित सङ्कोष्ठ से ज्ञात होगा॥

नदी के परिच्छेद का सङ्कोच

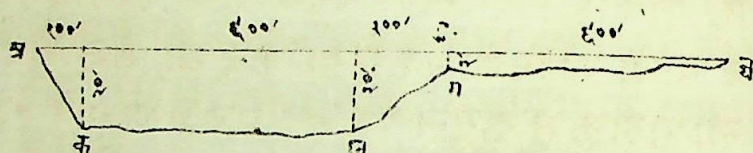
मध्यम वेग फुटों में प्रति सेकण्ड	१/१०	२/१०	३/१०	४/१०	५/१०	६/१०	७/१०	८/१०	९/१०	
	नदी का चढ़ाव फुटों में									
१	·०१५७	·०३६६	·०६१७	·११९२	·२०१२	·३५२१	·६७८०	१·६०९४	८·६३५९	साधारणजलप्लावन
२	·०२७७	·०६६५	·१२३१	·२१०८	·३५४०	·६२०८	१·१९५५	२·८३७८	११·७०५८	
३	·०४७७	·११४४	·२११८	·३६१८	·६१०७	१·०६८७	३·०५८०	४·८८५०	२०·१५०९	
४	·०७६०	·१९२२	·३३७२	·५७५९	०·९७१९	१·७७७८	३·९७५५	७·७७५०	३२·०७२०	
५	·११६५	·२७९३	·५१६८	·८७८२	१·४८९५	२·९०६६	५·०२०१	११·९१६०	४९·१५३५	
६	·१५५८	·३७३६	·६९१२	१·२८०७	१·९९२५	३·४८६८	६·७१५५	१५·९९९८	६५·७५१८	प्रबलजलप्लावन
७	·२०७८	·४९८३	·९३२१	१·५७५०	२·६५७८	४·६५११	८·९५७२	२१·२६३६	८७·७०००	
८	·२५७८	·६४३३	१·१८८४	२·०३९९	३·४२५५	५·९९९७	११·५५५४	२८·४०७२	११३·०४२२	
९	·३३५९	·८०५५	१·४९०२	२·५५६६	४·२९५६	७·५१७२	१४·४७७७	३४·३६४९	१४१·७५४	असाधारणजलप्लावन
१०	·४११९	·९८७७	१·८२२६	३·१२१८	५·२६८०	९·२११०	१७·७५५७	४२·१४४०	१७३·८४४०	

दृष्टान्त – लण्डन नगर में जो टेमस नदी है उसकी चौड़ाई ९२८ फुट है। पुरातन लण्डन-सेतु के पादि द्वारों की समष्टि २३६ फुट थी, अतएव उस पुल पर सारे परिच्छेद का प्राय ·७५ सङ्कोच हुआ था, यहां प्रति सेकण्ड २ ३/४ फुट के वेग से प्राय ४·७५ फुट जलपात होना चाहिये, और वस्तुतः ऐसाहि था।

बढ़ाना चाहिये। अब यदि ऐसे कृत्रिमजल निर्गम का परिमान जानना चाहें कि जिसमे चढ़ाव ५ इञ्च हो जिससे ५.१ फ़ुट प्रति सेकण्ड वेग होता है (क्योंकि इतने वेग तक हानि की सम्भावना नहि) तो पर्याय* के द्वितीय प्रकोष्ठ मे ४ फ़ुट के सामने (क्योंकि नदी का स्वाभाविक वेग प्राय ४ फ़ुट कल्पित कुचा है) उन अङ्कों को देखो जो चढ़ाव ५ इञ्च = .४१६६ फ़ुट के निकट हों यह अङ्क $\frac{?}{१०}$ वा $\frac{?}{१०}$ के सन्ध मे है; इस से यह ज्ञात होता है कि अनुमान चढ़ाव स्वाभाविक परिच्छेद मान के प्राय तिहाई ना सङ्कोच से होता है; अतएव कृत्रिमजल निर्गम का परिच्छेदमान स्वाभाविक जल निर्गम के परिच्छेदमान का $\frac{६}{१०}$ होना चाहिये, और उस्थान यदि ९ फ़ुट ऊंचा हो तो $\frac{५६००}{९} \times \frac{६}{१०} = ३०६$ वारिद्वार की लम्बाई; और यदि ५० फ़ुट पाट की महराव बनानी हो तो (पहिले जो ३ महराव की इच्छा थी उनके स्थान मे) ६ महराव आवश्यक होंगी।

६। उक्त साधारण नियम उन नदीयों के निमित्त है जिनकी गहराइयों में बहुत अन्तर नहि, पर जहां बहुत अन्तर हो वहां परिच्छेद के भागों का मान पृथक २ निकाल कर उन्हें जोड़ लेना चाहिये। यथा,

* पृ० १९ देखो

कल्पना करो कि किसी नदी के परिच्छेद का आकार यह है

और परिच्छेद मान इस मारेका १५,८०० वर्ग फ़ुट और मध्यम जलीय गहराई १०·५ फ़ुट वा १२६ इञ्च है, और दो मैल की ढाल यदि १० इञ्च हो, तो $\sqrt{१२६ \times १०}$ = ३६" वा ३ फ़ुट वेग होगा, और १५,८००×३=४७४०० घन फ़ुट प्रति सेकण्ड पानी का निकास होगा। परन्तु यदि परिच्छेद के दो विभाग करें अर्थात् अकखगङ एक भाग और गघङ दूसरा, और इन दोनों की पृथक् गणना करें तो फल और ही निकलेगा। अकखगङ = १५२००, मध्यम जलीय गहराई १६·६ फ़ुट वा १९९·२ इञ्च है; तो $\sqrt{१९९·२ \times १०}$ = ४४·६२ इञ्च वा प्राय ४ फ़ुट वेग हुआ; और १५२००×४=६०८०० घन फ़ुट प्रति सेकण्ड पानी का निकास केवल एक भाग का। दूसरे त्रिकोण [illegible] का मान ८०० वर्ग फ़ुट, और मध्यम जलीय

गहराई १ फ़ुट वा १२ इञ्च है; तो $\sqrt{१२×१०}$ = ११ इ-
ञ्च वेग; और ५००× $\frac{११}{१२}$ = ५५० घन फ़ुट प्रति सेक-
ण्ड निकास। सो ५५० + ५०,८०० = ५१,३५०, घन फ़ु-
ट पानी का निकास सारे परिच्छेद का, जब कि पहि-
ली गणना से केवल ४८५०० फ़ुट हुआ था (इस
गणना में उपरितल का वेग लिया गया है, परन्तु
अवस्था में मध्यम वेग लेना चाहिये)। अतएव
निर्माता को स्वयं विचार लेना उचित है कि नदी-
यों के परिच्छेद की गणना के भाग करके करनी
चाहिये॥

१०। जहां बरसात के नालों के ऊपर पुल बनाना
होता है वहां उक्त नियमों से जल-निर्गम की गण-
ना ठीक नहिं होती क्योंकि उन नालों में पहिले जि-
तना पानी आता हो, सड़क बनने के पीछे (जब
कि सड़क की उंचाई के हेतु पानी के अन्यान्य निका-
स बन्द होजाते हैं) उससे भी अधिक आवेगा। अ-
तएव बरसाती नालों के जल निर्गम के परिमाण
की गणना इस रीति से करनी चाहिये - जितने
स्थान के पानी की नाले में आने की सम्भावना है
उसका क्षेत्रफल निर्धारण करो और वर्षा में पानी
इञ्च वृष्टि के हिसाब प्रति सेकण्ड घन फ़ुट जल का

परिमाण इस ध्रुवे से निकाल लो;

$$नि = \frac{क्षे \times ५२८०^२ \times ५}{१२५ \times ६० \times ६०}$$

जहां नि = प्रति सेकण्ड घनफुट जलका निकास

क्षे = क्षेत्रफल, वर्ग मीलों मे

जब नि॰ निकल आवे तब जल-निर्गम का परिछेद मान इस ध्रुवे से निकालो

$$प_१ = \frac{नि}{वे_१} \times स$$

यहां प॰, वे॰, स का मूल्य वहि है जो ६ वें परिछेद में उक्त हुआ है॥

(१) महराबों की संख्या - पुल मे कय महराब वा बारिहार होने चाहियें इसके निरूपण करने के निमित्त साधारण रूप से यह विवेचना कर्त्तव्य है कि नदी वा नाले का वेग यदि मन्द हो, उसकी भूमि दृढ़ हो अर्थात् उसके कट जाने की और पायोंकी नींव छुट जाने की यदि सम्भावना न हो तो छोटी कई महराव बनावे; पर यदि नदी का वेग प्रबल हो, नदी गर्भ की मृत्तिका कट जाने वाली हो और पायों की नींव उखड़ जाने की आशङ्का हो तो महरावों की संख्या अल्प रखनी चाहिये।

(२) ऊपर जो विषय वर्णन किया गया वह सब प्रकार पुलों के निमित्त साधारण है, अब विशेष२ प्रकार पुलों के निर्म्माण की रीति लिखी जाती है। पुल कोई ईंट के, कोई पत्थर के, कोई लकड़ी के, कोई लोहे के होते हैं। जहां स्थायित्व के प्रति दृष्टि नहिं अर्थात् जहां थोड़े दिन के लिये आवश्यक है, वहां लकड़ी का पुल बनाया जाता है क्योंकि उसमे व्यय का लाघव होता है। पहाड़ों मे जहां लकड़ी सस्ती होती है वहां लकड़ी के स्थायी पुल भी बनाये जाते हैं, पर उनके पाये वा स्तम्भ प्रायशः पत्थर के होते हैं, क्योंकि लकड़ी के पायों की अवस्था कभी आर्द्रता कभी शुष्कता हेतु परिवर्त्तन शील होने से वे अचिरात् क्षीण होकर विनष्ट हो जाते हैं। जिन स्थानों मे लकड़ी सस्ती नहिं, अथवा जहां बड़ी दृढ़ता और स्थायित्व आवश्यक है वहां पत्थर वा ईंट के पुल बनाये जाते हैं। पर लोहे के पुल के तुल्य कोई पुल नहिं क्योंकि दृढ़ता, स्थायित्व व्यय लाघव ये तीनों गुण एकत्र लोहे के पुल मे हि पाये जाते हैं; लोहे के पुल का जो बहुत व्यवहार नहिं उसका हेतु केवल यहि है कि लोहे की बड़ी२ शहतीरों का

ढालना और चढ़ाना कठिन है, परन्तु इङ्गलेण्ड देशमे यन्त्रोंकी सहायता से और वाष्प के बलसे यह कर्म्म अब सुकर होगया, इसलिये इन दिनोंमे लोहेके पुल बहुत बनते जाते हैं। पत्थर और ईंटके पुलोंमे जहां पत्थर की चिनाई सस्ती हो वहां ईंट का पुल बनाना अनुचित है।

ईंट वा पत्थर के पुल

(१) नींव खम्भोंकी ऐसी भूमि पर स्थापित होनी चाहिये जो ऊपर की चिनाईके सारे बोझको झेल सके, अर्थात् उससे दब न जाय; और गहरी ऐसी होनी चाहिये कि पानी की काट से (जो काट पुलके नीचे बढ़ जाती है) उखड़ न पड़े। इस देशमे नदी गर्भ प्रायशः बालूमय है; यदि पानी की काट न हो तो बालू पर भी नींव रक्खी जासकती है, पर पानी के अल्प वेग से भी बालू बह जाती है और चढ़ाव के समय बालू या तो कट जाती है या उसमे बड़े गड्ढे पड़जाते हैं; इसलिये उचित है कि बालू के नीचे दृढ़ मृत्तिका पर नींव रक्खी जावे, और यह भी देखलेना चाहिये कि वह दृढ़ मृत्तिका भी अच्छी गहरी हो, क्योंकि ऐसा भी होता है कि चिकनी

मट्टी वा पत्थर इ॰ के पतले रद्दे के नीचे फेर बालू का हो। नदी का वेग मन्द हो तो सामान्य पुल की नीव ३ फ़ुट दृढ़ मृत्तिका के ऊपर रक्खी जा सकती है, पर बड़े पुल की नीव के लिये ६ फ़ुट से न्यून दृढ़ मृत्तिका न होनी चाहिये। कितने नीचे किस प्रकार की मृत्तिका है यह बामे के द्वारा विद्र करने से ज्ञात हो सकता है। कहीं २ नदी गर्भ मे बालू का बहुत गहरी होती है वहां नीव को दृढ़ रखने के निमित्त कृत्रिम उपाय अवलम्बन किये जाते हैं।

(५) छोटे पुलों के निमित्त और जहां नदी का वेग बहुत प्रबल न हो और स्वाभाविक जल निर्गम बहुत सङ्कुचित न हुआ हो "काष्ठ पेंदे[*] सन्दूकों" काम यथेष्ट हैं। इनके निर्माण की रीति यह है कि, लम्बाकार काष्ठ के सिन्दूक बना कर, जो दोनों ओर लम्बाई और चौड़ाई में ४ इञ्च वा १२ इञ्च लम्बे हों और ऊंचाई जिनकी प्रयोजनानुसार ६ फ़ुट से १० फ़ुट तक हो, उन्हें बालू में बैठा देना चाहिये। बालू पर रखकर बीच से उनके बालू खोदते जाते हैं इसी से वह सिन्दूक नीचे

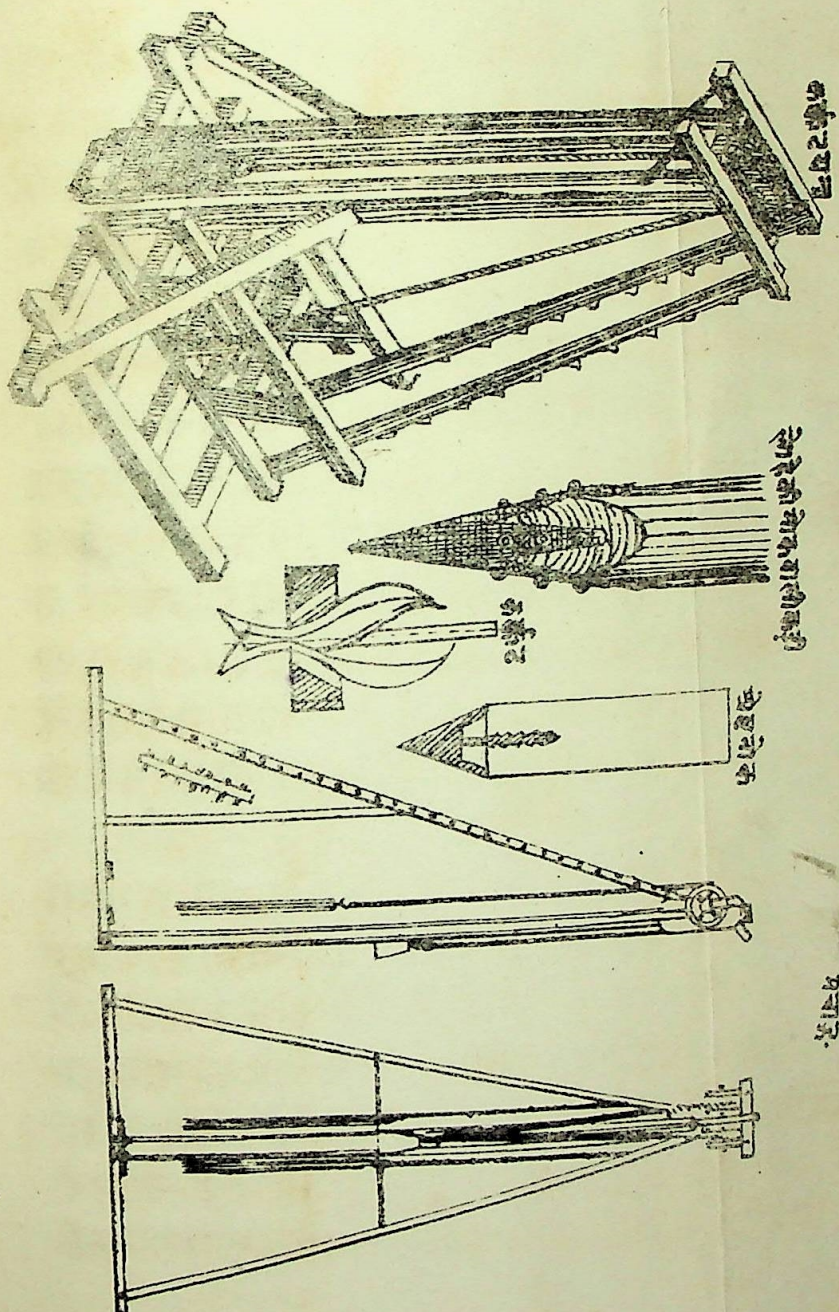
* पैंदे में न तली होती है न ढकना अतएव वास्तवः ये काष्ठ के एक प्रकार के बक्स हैं।

(1) Boxed foundations

बैठना जाता है; जब वह सम्यक् रूप बैठ जाय तब जल कर्षक यन्त्र द्वारा अथवा हाथ से पानी को निकालकर उसके भीतर मोटी चिनाई करनी चाहिये, अथवा (जल के हेतु उसमे चिनाई न हो सके तो) मस्तर खण्ड वा ईंटों के टुकड़े के साथ उन के परिमाण का सातवां भाग जलीय(१) मसाला (कली प्रभृति) मिलाकर, जिससे कङ्कीट नामक द्रव्य बन जाता है, उसे उस सिन्दूक मे भर देना चाहिये और उसके ऊपर सम्म की चिनाई करनी चाहिये। एक और रीति यह है कि बड़े २ इष्टक-पिण्ड चिनकर जब वे शुष्क हो जांय तब उन्हें सिन्दूक के भीतर छोड़ देना और नीचे उन पिण्डों को परस्पर जोड़ देना।

(५)। जो नीव को १० व फुट से अधिक गहरी ले जानी हो तो कड़ीयों का गाड़ना वा कूओं का गालना श्रेष्ठ है। कड़ीयें चौरस और सीधी होती हैं और निचले सिरे मे उनके लोहे की नोक होती है और उपरले सिरे मे लोहे की शाम(२), ता कि चोट से वह सिरा फट न जाय। प्रायः तीन तीन फुट के अन्तर पर ये कड़ियें मैंचाङ्. नामक यन्त्र

(१) (भाग ३ अध्याय ४० परिच्छेद देखो Hydraulic Mortar

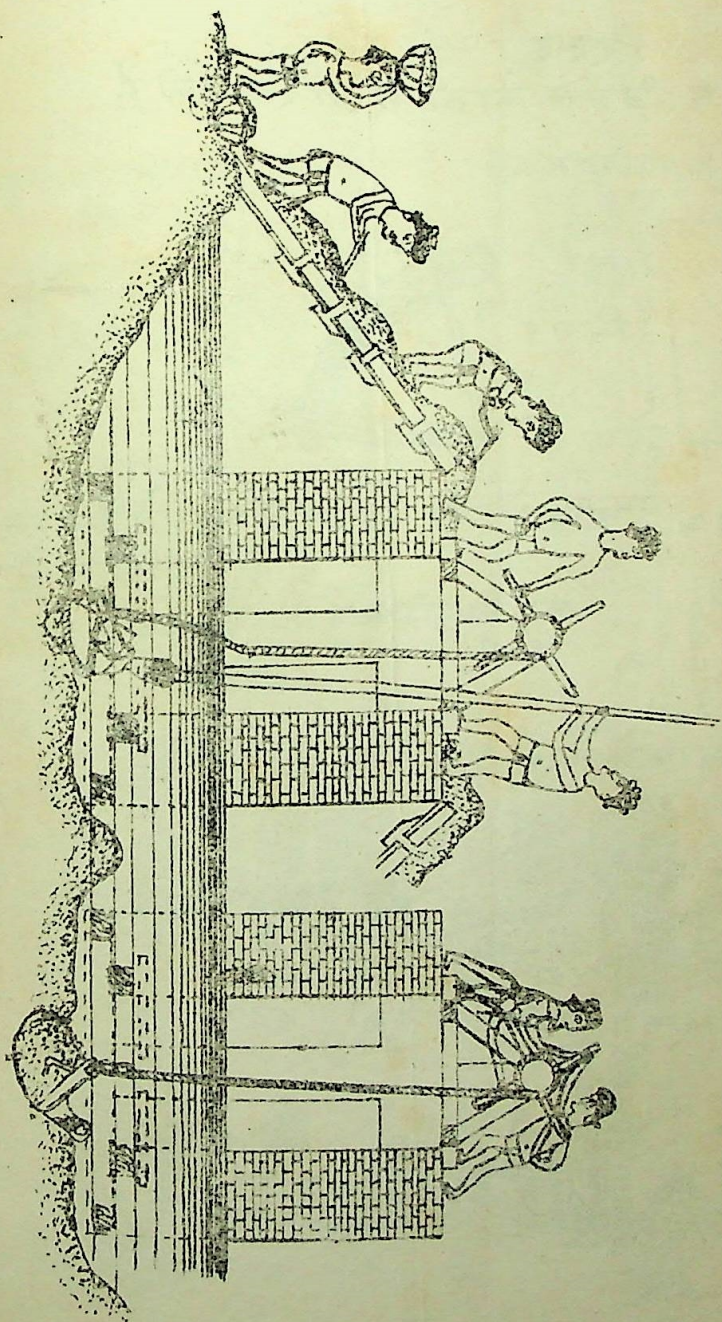
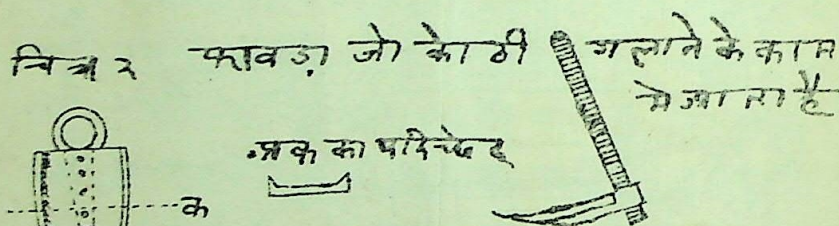
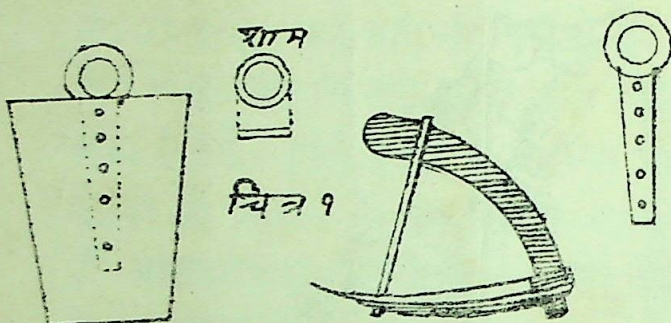
* इस यन्त्र से गराड़ी और रस्सी के द्वारा एक भारी बोझ ऊपर उठ कर कड़ी के ऊपर गिरता है। इसका चित्र पत्र १- मे देखो

(२) Ring

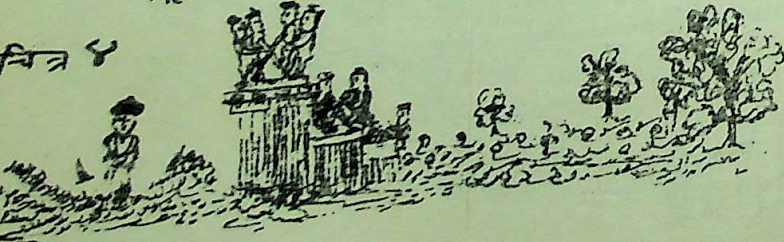
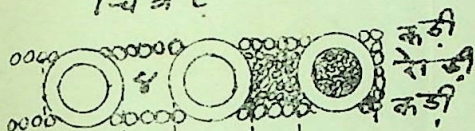
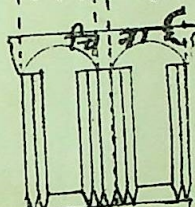
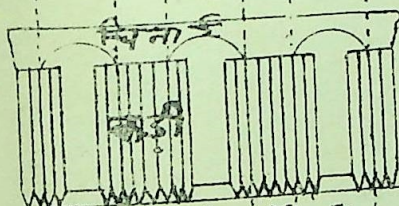
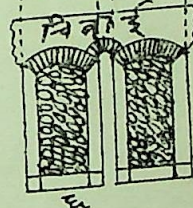
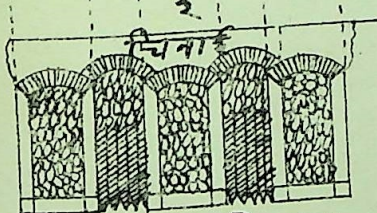
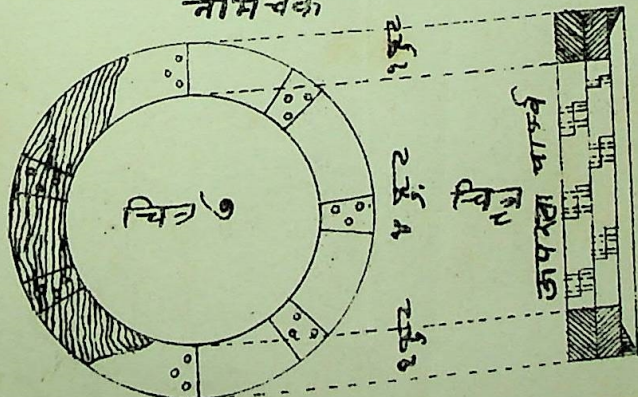
पट
मचान
कर्कटयन्त्र
लोहे की नोकवाली कड़ी
पेचनोक
कर्कट

की चोट से पृथिवी में गाड़ी जाती हैं। पीछे जो भाग उनका ऊपर रह जाता है उसे आरी से काट डालते हैं, और उनके सिरे को लकड़ी की पट्टियों से जोड़ देते हैं और उसके ऊपर अच्छे दृढ़ तख़्तों को पोक से जड़ देते हैं; इस तख़्ते की फ़र्श (मञ्च) पर स्तम्भों की चिनाई होती है।

१६। लकड़ी की कड़ी पानी में भीगी रहे तो बहुत दिन ठहर सकती है, पर कभी भीगी कभी सूखी रहने से (जैसा कि इस देश में प्रायशः होता है जब कि नदी का पानी उतर जाता है) वह शीघ्र लय प्राप्त होती है। इसलिये जहां ऐसी सम्भावना हो वहां कड़ीयों के स्थान में कूप गलाये जाते हैं बहुत से कूप पास पास गलाकर पीछे उन्हें परस्पर संयुक्त कर देते हैं; इस से भी श्रेष्ठ उपाय यह है कि स्तम्भाकार चिनाई की जावे और बीच में कूओं की न्याई छिद्र रख दिये जांय, पर इस में अच्छे कारीगर चाहियें जिन्हें इस काम का पूरा अभ्यास हो। कूप वा कोठी गलाने की रीति यह है कि, पहिले किसी दृढ़ लकड़ी का नीमचक्र जिसकी मोटाई ६ इञ्च से १० इञ्च तक होती है और जिसका आकार कूप की न्याई होता है, नदी

गर्भ में यथोचित स्थान पर रख दिया जाता है; इस पर साथ ४ फुट ऊंची चिनाई करके, जब वह सू-क जाती है, तब उसके भीतर से वालू कोद ली जाती है जिससे नीमचक के साथ कूआ नीचे बैठ-ता जाता है; जब पहिली चिनाई बैठ जाती है, तब फेर ४ फुट की चिनाई करके उसी रीति से उसे भी बैठा देते हैं; इसी प्रकार से जितना इष्ट हो कूप वा कोठी को गलाते हैं पर (देखो वालू कोदने में ब-ड़ी सावधानता आवश्यक है; चारों ओर से समान रू-प से क्रमशः रेत निकालनी चाहिये, नहिंतो असमा-न बैठने से कूप में दरार् आजाती है। चिनाई यथो-चित "बन्धन" के साथ करनी चाहिये, और उसमें अच्छे से अच्छा मसाला लगाना चाहिये, बड़े कामों में जहां अधिक दृढ़ता प्रयोजनीय है चिनाई के भीतर लोहे का अड़ंगड़ लगा देना चाहिये। जबत-क कूप के भीतर से जल कर्षक यन्त्र द्वारा अथवा हाथसे पानी निकलता जाता है तबतक कूआ ग-लाने का कार्य्य शीघ्र सम्पन्न होता जाता है, पर जब पानी के भीतर काम करना पड़ता है तब य-ह बहुत धीरे होता है, और इस काम के लिये वि-शेष कर्म्मकारों की आवश्यकता होती है, कूप ख-

ओटी मलाना: कामसे

पट १

कुए वा कोठी

चित्र १
विना अजार के
चित्र ४
कड़ी
कड़ी
चित्र
चित्र ५
चिनाई
चिनाई
चित्र ३
चिनाई
चिनाई
नीम चक्र
चित्र ७
ऊपर का भाग

नन मे जिन्हे आभ्यास है और यहि जिनकी वृत्ति-
है। क्राम नामक उपकरण द्वारा जिसमे लम्बा
उंडा लकड़ी का लगा देते हैं ऊपर से भी मट्टी
खोदी जा सकती है, और फेर उसी क्राम को मट्टी
के साथ, रस्सी से चर्खी द्वारा ऊपर खेंच लेते हैं।
पर इस देश मे प्रायशः निमक्का लोग (गोतेखो-
र) प्रतिबार गोता लगाकर स्वयं क्राम द्वारा मट्टी
खोदते हैं। इस प्रक्रिया का चित्र, पट २१ मे
दृष्ट होगा। जब तक दृढ़ मृत्तिका वा कङ्कर वा पत्थर
की भूमि न आ जावे तब तक कूप को गलाना होता
है, पर किसी २ समय बालु के रहे पर भी कूप को
छोड़ देते हैं और चारों ओर के घर्षण के विरोध
द्वारा वह टिका रहता है, पर कूप को बहुत गहरा
गाले बिना इस अवस्था मे छोड़ देना नहि चाहिये,
ताकि पानी रेत को काट कर नीव को उच्छारित न
करे। जब कूप गल चुके तब उनके भीतर ईंट
वा कङ्कर भरके, महराब दार चिनाई से उन्हे पाट
देते हैं; और सब कूपों को परस्पर महराबों से सं-
युक्त करके उनके ऊपर स्तम्भों का निर्माण करते
हैं।

(९) जो पुल कि बहुत बड़े नहीं उनकी नीव दृढ़

करने की एक और रीति यह है कि, गढ़ी वा कोठी वा अन्य कोई गहरी नीव के स्थान में उल्टी महरावों (के सन्धि स्थल पर) खम्भों की चिनाई करते हैं (पट ४ में देखो)। ये महरावें पुल के बोझ को अधिक स्थान में फैला देती हैं, जिससे शिथिल मृत्तिका भी इस बोझ को झेल लेती है जो केवल खम्भों के नीचे पड़ने से वह कभी झेल न सकती। पर ऐसी नीव उसी स्थान के योग्य है जहां मृत्तिका सरक जाने वाली न हो, क्योंकि उल्टी महरावों के नीचे की मृत्तिका यदि पानी से कट कर बह जाय तो सारी महराब के बैठ जाने का भय है। इस प्रकार हानि के वारण का उपाय यह है कि उन महरावों के ललाट के नीचे अर्थात् पाये से पाये तक प्रतिरोधक भित्ति[1] जो महराब से कुछ फ़ुट गहरी हो (यथा, पट ४ में चित्र १ ग ग) बनाई जावें। अनेक समय ऐसा होता है कि उल्टी महराब और प्रतिरोधक-भित्ति की चिनाई का व्यय कोठी गलाने के व्यय के समान पड़ता है पर कोठी के समान उससे हढ़ता नहि होती, इसलिये कोठी हि अधिक सम्मत होती है।

(८) जहां बड़े पुल का वारिहार बहुत चौरा

(1) Curtain wall

ह फरी
न पुसके
ई सामने
। इस फ
, अथवा

की अङ्के
। यदि
यदि है
ना। यदि
हो, तो नी
माग बांध
कर सके।
नरम मही
बना लेते हैं,
हा रखने
प्रकार र
क बन्द बंध
ल कषेक य
काल देगा
जीव की वि

करने के
या अन्य
वों (के स
हैं (पट
को अधि
ल शक्ति
ल लम्बों
को। पर
जिका स
वों के बी
जाय तो
स प्रकार
महराबों
तक अति
गहरी हो
जावें। ब्रं
राव और
कोठी गल
ठी के सम
ये कोठी
(८) अ
(१) Cur

हो; वहां नीचे पक्का फर्श बना देते हैं। यह फर्श
४। ५ फुट मोटा होना चाहिये, और केवल पुलके
नीचेहि नहि वरन्च १०। १५ फुट पुल के सामने
दोनों ओर बढ़ा हुआ होना चाहिये, और इस फ-
र्श के अग्रभाग के नीचे प्रतिरोधक भित्ति, अथवा
कड़ियों(१) की पंक्ति गाड़नी चाहिये।

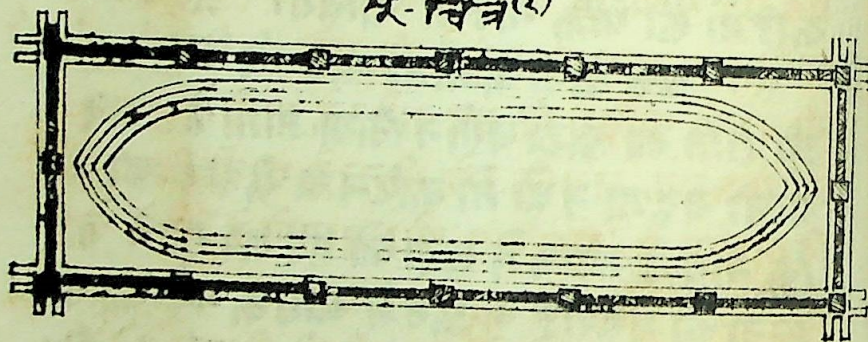
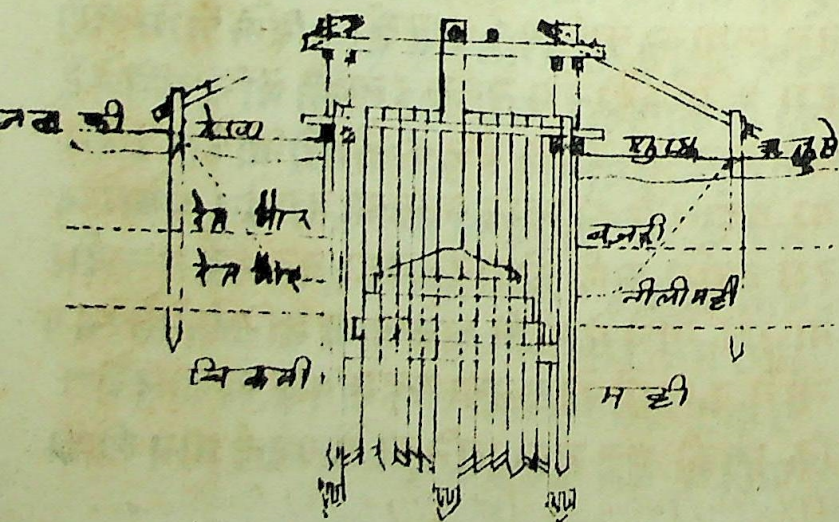
(६)। अब पानी के भीतर नींव रखने की प्रकृ-
ती रीति का कुछ वर्णन किया जाता है। यदि
पानी बहता न हो तो कठिनता केवल यहि है
कि नींव के स्थान से जल को दूर कर देना। यदि
पानी की गहराई ४ फुट से अधिक न हो, तो नीं-
व के स्थान के चारों ओर साधारण बन्द मात्र बांध
देना चाहिये, जिससे पानी प्रवेश न कर सके।
बन्द बांधने की रीति यह है। पहिले नरम मट्टी
को निकालकर चारों ओर नाली सी बनालेते हैं,
और उसके ऊपर एक २ फुट का गारे का रद्दा रखते
जाते हैं; प्रत्येक रद्दे को कूट के सम्यक प्रकार द-
बाते जाते हैं। जब जल के ऊपर तक बन्द बंध
जाय तब उसके भीतर के पानी को जल कर्षक य-
न्त्र द्वारा अथवा किसी जल पात्र से निकाल देना
चाहिये, और फेर शुष्क भूमि की न्याई नींव की वि

(१) Sheet piling

नाई करनेकी चाहिये॥ जबकि अप्रवाहित जल की गहराई ४ फुट से अधिक हो, अथवा बहते पानीमे चाहे कितनीहि गहराई हो, साधारण बन्द के स्थान में काष्ठवेष्ठित-बन्द लगाना पड़ता है। (चित्र २ देखो)

चित्र ३
भू-चित्र(२)

आड़ा परिच्छेद(३)

(1) Coffer dam (2) Ground Plan (3) Cross Sect

इस बन्द में दो पंक्ति कड़ियों की गाड़कर तख्तों के साथ उन्हें मढ़ देते हैं, फिर इन दोनों काष्ठमय दिवालों के भीतर गारा भर देते हैं। जल की १० फ़ुट गहराई तक १० फ़ुट मोटा बन्द बहुत है; और १० फ़ुट से जितनी अधिक गहराई हो, हर ३ फ़ुट गहराई के पीछे बन्द की मोटाई में १ फ़ुट बढ़ाना चाहिये। तात्पर्य्य यह है कि बन्द की मोटाई इतनी होनी चाहिये कि वह बाहर के पानी के दबाव को रोक सके जब कि उसके भीतर से पानी निकाल दिया गया है. और यन्त्र और मसाले के रखने के निमित्त पैड़(१) का भी काम दे। अतएव अधिक बल की आवश्यकता हो तो लकड़ी की दिवाल में ठेकी(२) वा उपस्तम्भ(३) लगाना चाहिये, अथवा दोहरा तेहरा बन्द लगाना चाहिये (काष्ठ की ३ पंक्ति होने से दोहरा, ४ पंक्ति होने से तेहरा इत्यादि बन्द लगता है) बड़ी बात यह है कि बन्द के भीतर पानी न चूवे; पर जहां नदी की भूमि बालुकामय है (जैसे कि इस देश में अधिकांश है) वहां बन्द गहरा नहीं तो उसके नीचे से पानी स्रवेगा, इसलिये ऐसे स्थलों में कड़ियों को इतना गहरा गाड़ना चाहिये कि उनकी जड़ दृढ़ मृत्तिका में पहुंच जाय; और

(१) Scaffolding (२) Stays (३) Buttresses

रेतको निकालकर उसके स्थान मे नीचे से हि गारा भरना चाहिये।

२०। कहीं २ नींव बनाने के निमित्त कङ्करीट को नदी मे डाल देते हैं, और जिस मे वह बह न जाय इस निमित्त चारों ओर उसके कड़ीयों की पंक्ति गाड़ देते हैं।

२१। जब कि निर्म्मीयमाण पुल बहुत स्थान घेरने वाला हो, और पानी की गहराई भी बहुत हो, तब उल्लिखित रीति मे कार्य्य सिद्धि नहि होसकती; ऐसे स्थल मे बड़े २ प्रस्तर खण्ड अथवा गोल पत्थर को जल मे फेंक कर ऐसा कृत्रिम उपद्वीप बना लेना चाहिये कि जिसका उपरितल जल से उभरा हुआ हो और जिसके अग्रभाग की सलामी भी अधिक हो। जब यह कृत्रिम उपद्वीप सम्यक रूप बैठ जाय तब उसके ऊपर निर्म्माण कार्य्य आरम्भ करना चाहिये।

२२। मध्यस्तम्भ वा पाये— हर पाये पर उसके दोनो ओर की आधी आधी महराब और तदुपरिस्थ बोझ का दबाव पड़ता है। इसमे पड़ा धक्का एक दूसरे के विरुद्ध होनेसे पाये पर कुछ दबाव नहि करता, पर खड़ा दबाव उस पर सारा पड़ता है।

अतएव तत्त्वतः पाये के ऊपरले सिरे की मोटाई इतनी होनी चाहिये जो उस खड़े दबाव को झेल सके, और प्रतिवर्ग फुट ईंट की चिनाई ९००० पौण्ड (जो प्राय ९०५ मन है) झेल सकती है, इस गणना से दो फुट मोटा पाया १०० फुट पाट वाली और ४ फुट मोटी महराब के लिये बहुत है। पर व्यवहार में जितनी मोटाई रखनी उचित समझी जाती है उससे यह बहुत न्यून है, क्योंकि काल करके पाये का बहिर्भाग जो क्षय प्राप्त होता है, बहती हुई वस्तु की टक्कर प्रभृति से जो वह ताड़ित होता है, और चिनाई के तारतम्य से अथवा पाट के प्रभेद से दबाव का जो तारतम्य होता है, इनके निमित्त भी मोटाई में कुछ अधिक ता चाहिये। सो व्यवहार में ईंट के पाये की मोटाई १५ फुट से ३० फुट तक की महराब के लिये उसका छठा अंश होना चाहिये, और इसी प्रकार ३० फुट से ६० फुट तक की महराब के लिये उसका सातवां अंश, और उससे बड़ी महराबों के लिये पाट का आठवां अंश। यह मोटाई पाये के ऊपरले सिरे पर मापनी चाहिये।

२२। जिस पुल में बहुत सी महराबें हों उसमें

हर पांचवे छठे पाये को यदि अधिक मोटा किया जाय जिससे वह पार्श्वस्तम्भ का काम दे तो उससे कई लाभ हैं; एक तो यह कि, उन पांच छय मह-रावों के समूह को एक साथ एक एक समय बिना-ई होसकती है, और यदि एक ऋतु मे सारी महरावें बन न सकें तो उनके कुछ समूहों को बनाकर अवशिष्ट समूह को अन्य ऋतु तक छोड़ सकते हैं; और दूसरे यह कि महरावों के बन जाने के पीछे यदि एक आध महराव टूट जाय तो उससे केवल उसी समूह की महरावों तक (अर्थात जो दो पार्श्व-स्तम्भिक पाये के बीच मे हो) हानि पहुंच सकती है, पर यदि वैसे पार्श्व स्तम्भिक पाये न बनाये जावे, तो एक महराव के गिरने से पुल की सारी महरावों के गिरने की सम्भावना होती है।

२४। जब किसी पुल की सारी महरावों की चिनाई एक ऋतु मे समाप्त न होजाय, तो पिछले पाये के (यदि वह पार्श्वस्तम्भिक न हो) आगे की ओर एक छोटी अस्थायी[1] महराव बना देनी चाहिये, जिससे अगली महराव के एक भाग का सहारा हो, और पीछे जो महराव समाप्त हो चुकी है उसका भी रोक हो; अथवा यदि उस पाये के

(1) Temporary

पास से जल प्रवाह हट सके तो, उस (पाये) के
आगे ईंट की कच्ची चिनाई, और उसके सिर पर भी
इसी प्रकार कच्ची चिनाई कर देनी चाहिये, ताकि
पिछली महराब के धक्के को वह सम्हाले रक्खे।

२५। छोटे पायों की खड़ी चिनाई लम्ब रूप से
करनी चाहिये, परन्तु पाये यदि बहुत ऊंचे हों
तो प्राय १२ फुट मे १ फुट की ढलौंसी[१] देने से वे
सुदृढ होंगे।

२६। जिन पायों के ऊपर अर्द्धवृत्त अथवा अ-
र्द्ध-अण्डाकृति वक्र की महराब (जिनके बहिर्छेद
और अन्तर्छेद समानान्तर हों) टिकती हो, उन
का सिर चपटा रक्खा जाता है, पर अर्द्ध वक्र से
छोटी महराब, और जिनका बहिर्छेद अर्द्ध-व-
क्र से छोटा हो, उनके लिये पाये के सिरे को एक
ओर से उठा हुआ रखते हैं, ताकि वह महराब के
उत्थान से मिल जाय। पाये का इस प्रकार का सि-
रा या तो घसी हुई ईंटों से बनाया जाता है या
उसके लिये वैसी ही ईंटें पाथी[२] जाती हैं उस प्रका-
र के सिरे को घोड़ी[३] कहते हैं।

२७। जिन मध्य स्तम्भ और पार्श्व-स्तम्भों पर
बहुत बोझ हो उन्हें बड़ी सावधानता से बनाना

(1) Batter. (2) moulded (3) skew backs
or Imposts

चाहिये, अच्छी पक्की ईंटें लगानी चाहियें और जोड़ों को सस्त रखना चाहिये ताकि वे असमान रूपसे न बैठें।

२८। बहती हुई वस्तु और पानी की टक्कर से पाये का अग्रभाग क्षय न हो इसनिमित्त अम्बुछेदक[1] की आवश्यकता होती है। पाये की प्रत्येक नोक (कोण) से उसकी चौड़ाई के समान त्रिज्या के द्वारा चाप खैंचने से अम्बुछेदक का एक उत्तम आकार लब्ध होता है (चित्र १ मे देखो पत्रा ४८)।

२९। पुल को बहुत ऊंचा करने से व्यय और बोझ की अधिकता होती है और आगम(सड़क) को बहुत ऊंचा करना पड़ता है; और पुलको नीचा करने से वारिहार छोटा होता है, अतएव जिसमे दोनों विषय का सामंजस्य हो ऐसा करना चाहिये। जल के ऊंचेसे ऊंचे चढ़ाव की रेखा पर यदि उत्थान रक्खा जावे तो उक्त उद्देश्य सिद्ध होता है; सो पाये की ऊंचाई निरूपित करने मे यहि नियम अवलम्बन करना चाहिये।

३०। पार्श्व स्तम्भ - इनको अन्तिम महरावों का धक्का सहना पड़ता है, और उस धक्के की रोक के लिये मध्य-स्तम्भ की भांति दूसरी ओर उसके कोई

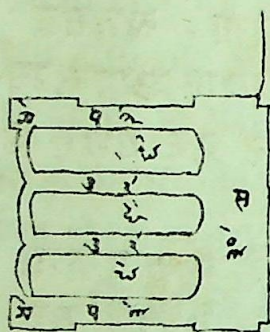
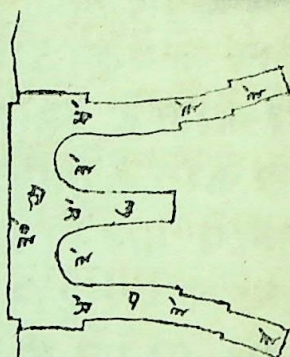
(1) Cut water

महराब नहि होगी, इसलिये मध्यस्तम्भ की अपेक्षा इसे अधिक मोटा करना पड़ता है। और जो कि महराब का धक्का उसके पाट, उठाव, और बोझ पर निर्भर करता है, इसलिये पार्श्व स्तम्भ की मोटाई निरूपण करने के निमित्त पहिले इसकी गणना करनी चाहिये, पाट का कोई अंश विशेष लेकर हि पार्श्वस्तम्भ की मोटाई निरूपित नहि होसकती।

३१। पर यह भी स्मरण रखना चाहिये कि केवल पार्श्वस्तम्भ हि नहि वरन्च उसके साथ के उपग्र और पक्ष और मट्टी की भराई यदि रीति से सम्पन्न हुई हो सब मिलकर महराब के धक्के को सम्हालते हैं। वस्तुतः पार्श्वस्तम्भ मोटाई की न्यूनता से इतने नहि गिरते जितने कि उनकी नीव के बैठ जाने से।

३२। पार्श्वस्तम्भ के इस भाग को उत्थान की रेखा के ऊपर (महराब के) उठाव की तिहाई उंचाई तक चिनना चाहिये, और खड़े कन्धर को पाये के कन्धर की न्याई भरना चाहिये।

३३। उपग्र और पक्षों के सहित पार्श्वस्तम्भ के अच्छे आदर्श निम्नलिखित चित्रों मे दृष्ट होंगे।

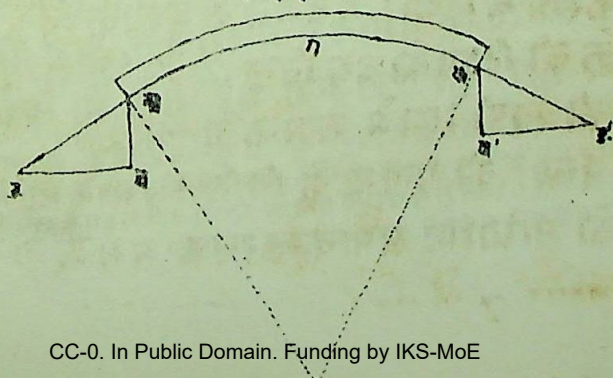
चित्र ४ चित्र ५

और महराबों के धक्के, और पार्श्व स्तम्भों के विरोध की गणना के निमित्त निम्न लिखित सीधे नियम उपकारक होंगे।

२४। अध्यापक बार्लो साहेब लिखते हैं कि महराबों मे "धक्के[1] की रेखा" कुछ ऐसे वक्र का आकार धारण करती है जो समान्तर[2] वक्र के जाति के हैं। वक्र का प्रकार बोझ की विस्तृति पर निर्भर करता है। और महराब के प्रत्येक बिन्दु पर धक्के की दिशा को उस बिन्दु पर किसी समान्तर वक्र की स्पर्श रेखा मे समझना चाहिये। "धक्के की रेखा" की गणना के निमित्त उस समान्तर वक्र को साधारण समानान्तर वक्र समझ लने मे

(1) Line of thrust (2) Parabola

भी कुछ हानि नहीं, क्योंकि शोधोक्त के ग्रहण का-
ने से जो कुछ अन्तर पड़ेगा वह सम्भव से अधिक
बल की आवश्यकता घोतन करेगा। अतएव
निम्नलिखित नियमों से जो साधारण समान्तर
क्त मूलक स्थूल गणना होती है वह यथेष्ट का-
र्योपयोगी होगी।

१५। समान्तरचक्र की वृत्त के साथ एकता
का के देखने से ज्ञात होता है कि ये दोनों चक्र
अपनी लम्बाई के किय अंश एक दूसरे से बहुत
नैकट्य   रखते हैं; अर्थात् व्यवहार में सब होंगे
के साथ ९० अंश को किसी न किसी समान्तरचक्र
का उपरिभाग समझ सकते हैं। अतएव यदि वे-
सी महराब बनावें जो वृत्त के ९० अंश के भीतर
हो तो उसकी "धक्के की रेखा" उसकी स्पर्शरेखा से दि
(अर्थात् त्रिज्या पर जहाँ उसका वृत्त के साथ योग
होता है लम्ब खैंचने से दि) ज्ञात हो सकेगी। यथा-

चित्र ९

चित्र ८ मे अगक ९० अंश की एक चाप है,* और अ उ. कउ. रेखा जो त्रिज्या खअ खक पर लम्ब हैं, और इनकी स्पर्श रेखा हैं वे महराब के धक्के की रेखा की दिशा बतलाती हैं। इस रेखा की दिशा ज्ञान होने से यह भी ज्ञात होजाता है कि यह रेखा पड़ी रेखा से कितना कोण बनाती है।

२८। अब पार्श्व स्तम्भ पर पड़ी दिशा मे महराब का कितना धक्का लगता है इसकी गणना इस प्रकार से करनी चाहिये - महराब की चिनाई के घन फुट निकालो, उससे उसके बोझ की गणना करो, फेर उस बोझ के आधे को, धक्के की रेखा जो पड़ी रेखा से कोण बनाती है उस कोण की कोटि स्पर्श रेखा से गुणन करो, तो इससे अ और क बिन्दु पर अर्थात् उत्थान के स्थान मे प्रत्येक स्तम्भ पर महराब के पड़े धक्के का परिमाण निकलेगा।

२९। ज्यामिति की रीति से उक्त गणना करनी हो तो खड़ी रेखा अच कर्द खेंचो, इस रेखा की लम्बाई को किसी पैमाने से महराब के आधे बोझ के तुल्य करो, फेर पड़ी रेखा चउ. दंड. जो स्पर्श रेखा

* ९० अंश की महराब मे त्रिज्या पाद के समान होती है, और महराब का उत्थान अर्थात् उत्क्रमज्या पाद के सातवें और आठवें अंश के बीच मे होती है। इस देश मे यद्यपि प्रायशः ९०° से बड़ी महराबें लगती हैं, पर यूरोप मे ऐसी महराबें बहुत अवहृत होती हैं।

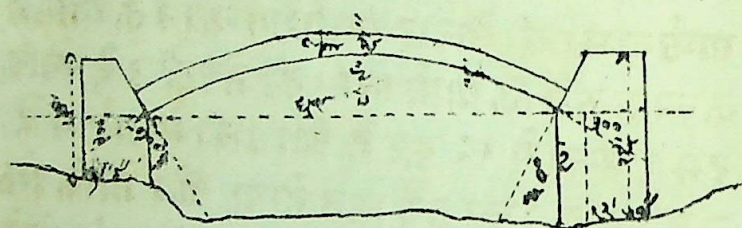
अङ्कड़ में जाकर मिले ऐंचो, तो यह चंड़ बड़े धक्के की निर्देशक होगी जिसका परिमाण स्थूलक पैमाने से मापने से हि ज्ञान होजायगा।

३८। यह धक्का पार्श्वस्तम्भ के सिर पर लगने से, उसके मूल पर (अर्थात् उत्तोलन[1] दण्ड की इसी लम्बाई पर जो स्तम्भ की ऊंचाई के तुल्य है) अधिक तम बल से कार्य्य करेगा। इसके विरोध की गणना के निमित्त, पार्श्वस्तम्भ के परिच्छेद के क्षेत्र फलको उपादान सामग्री के बोझ से गुणन करो, और उसको उत्तोलन दण्ड की लम्बाई से (जो उसके गुरुत्व केन्द्र से लेनी चाहिये) गुणन करो, और गुण फल में आधी महराब के बोझ को जो उत्थान बिन्दु पर कार्य्य करता है, और सन्धि के संश्लेष के परिमाण को (जिसके तोड़े बिना स्तम्भ गिर नहि सकता) जोड़ो। यह नियम उदाहरण से अच्छा समझा जायगा, इसलिये नीचे इसका एक दृष्टान्त दिया जाता है।

३९। ग्लासगो नगर में हचसन नामक एक पुल है, जिसकी महराब ६० अंश के चाप की है; और त्रिज्या और पाट ६५ पैंसठ फुट की। इसलिये "धक्के की रेखा", जो वक्र के उत्थान पर स्पर्शरेखा है, पड़ी रेखा से ३० अंश का कोण बनाती है, महरा-

[1] Lever

व की मोटाई सर्व्वत्र ३॥ फ़ुट है, उत्थान रेखाकी ऊं-चाई १० फ़ुट, पार्श्वस्तम्भ की मध्यम ऊंचाई २६ फ़ुट है। यथा चित्र ७ मे

(चित्र ७)

इस महराव का धक्का निर्धारण करने के लिये स-ड़क का और जो कुछ उसके ऊपर से चले उसका बोझ भी हिसाब मे लेना चाहिये, इस निमित्त म-हराव की मोटाई के साथ १॥ फ़ुट यदि और मि-ला दिया जाय तो प्राय ठीक होजायगा अतएव गणना मे महराव की मोटाई ५ फ़ुट लेनी चाहि-ये, आधी महराव की लम्बाई ३५ फ़ुट है, इसे मोटाई ५ फ़ुट से गुणन किया तो ३५×५=१७५' आधी महराव का वर्गमान वा क्षेत्र फल निक-ला; इसे कोः स्पर्श ३० से, जो १·७५२ है गुणन

किया तो रूप ३०×१०, अर्थात् प्राय ३०० फ़ुट का प-
ड़ा धक्का १८ फ़ुट लम्बा उत्तोलन दण्ड पर कार्य्य
करता है, अतएव पार्श्वस्तम्भ पर धक्के की समष्टि
हुई ३०० × १८ = ५,४०० × १२० पौण्ड जो १ घन फ़ुट
पत्थर की चिनाई का बोझ है = ६,४८,००० पौण्ड।
५० । उक्त (६,४८,००० पौण्ड) धक्के की रोक के लिये
पार्श्वस्तम्भ की मोटाई निर्धारण करने के निमित्त,
कल्पना करो कि पार्श्वस्तम्भ की ऊंचाई उ है, जो कि
इस दृष्टान्त मे २८ फ़ुट है, और उसकी मोटाई म है;
तब उ × म उसका वर्ग मान होगा, और जो कि इसका
एक घन फ़ुट के बोझ अर्थात् १२० पौण्ड मे (जैसे
कि ऊपर महराब मे किया है) गुणन करना है,
और उसको आधी मोटाई से (जो कि दिवाल के
गिराने के लिये उत्तोलन दण्ड है) गुणन करना
है, इसलिये उ × म × $\frac{१}{२}$ म × १२० = ६० उम^{२},
इसमे पार्श्वस्तम्भ की निचली सन्धि के बल को
जो = ५०० म^{२} है, और आधी महराब के बोझ
१७५ × १२० = २१,००० को जो कि उत्तोलन दण्ड म
से कार्य्य करता है, जोड़ा, तो ६० उम^{२} + ५०० म^{२}
+ २१००० म पार्श्वस्तम्भ का विरोध हुआ, इसको ठी-
क महराब के धक्के के तुल्य करने मे यह समीकरण

होता है –

१५६० म² + ५०० म² + २१००० म = ६,१२,००० महराब का धक्का

जिससे पार्श्वस्तम्भ की मोटाई निकलती है म = १२.९।

पर कल्पना करो कि पार्श्वस्तम्भ की अधिकतम ऊंचाई केवल १९ फुट है और महराब का उत्थान १० फुट पर है, तो –

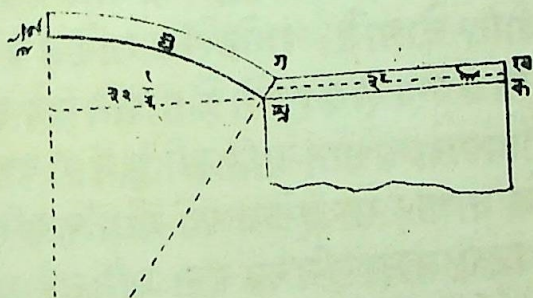
महराब का धक्का होगा २०० × १० × १५० = ३६०,००० पौण्ड और पार्श्वस्तम्भ का विरोध ११४० म² + ५०० म² + ११६०० म = ३६०,०००

∴ म = ९.१ अर्थात् पहिली मोटाई से प्राय ३ फुट कम। उक्त इचसन पुल के पार्श्व-स्तम्भ की, जो १९ फुट ऊंचा है, कार्य्यतः १९॥ फुट मोटाई रक्खी गई है, इससे ऐसा प्रतीत होता है कि सन्धि का बल और आधी महराब का बोझ पार्श्वस्तम्भ के विरोध की गणना में नहिं लिये गये हैं अर्थात् केवल यह समीकरण लिया गया है –

$\frac{१}{२}$ म² × ३ × १२० = $\frac{३६}{२}$ म² × ११० = ६,१२,०००

जिससे म मात्र १९॥ फुट निकलता है और यदि सन्धि का बल और आधी महराब का बोझ गणना में न जोड़ा हो तो पार्श्वस्तम्भ को इसलिये अधिक मोटा किया होगा कि गणना से जितना निकले उससे व्यवहार में कुछ अधिक मोटा रखना उचित

है ताकि अतिरिक्त धक्का प्रभृति को वह सम्हाल सके।

४२। चिनाई में यदि संश्लेष न हो तो पड़ा धक्का उस रद्दे को दि जिस पर वह लगे उसकी सन्धिस्थल में शलाका कर देना। यथा—

(चित्र ८)

चित्र ८ में महराब ख का धक्का, सन्धि अक में जो घर्षण का विरोध है उसी के द्वारा रुकेगा। यह विरोध अकखग राशि का योग होगा, और इस राशि को यदि समकोण(१) आयत समझें तो यह, अक × कख × १२० पौण्ड होगी। और यदि कख = ३, और अक = म, तो ३६० म पार्श्वस्तम्भ के उस भाग का बोझ है जिस पर धक्का लगता है, इसमें आधी महराब का बोझ, (जो उस पर टिकी हुई है) = २१०००

(१) Rectangle

पौण्ड जोड़ना चाहिये। घर्षण का विरोध ११००० + ३२० म का पौन है = १५,७५० + २०० म पड़ाधक्का है ३०० × १२० = ३६,०००, अतएव १५,७५० + २०० म = ३६,००० अतएव म = $\frac{३६,००० - १५,७५०}{२००}$ = प्राय ३८ फुट।

५२। परन्तु कर्नेल पासली साहब ने परीक्षा के द्वारा यह निर्धारित किया कि उत्तम लेप का संश्लेष प्रति वर्ग इन्च १२५ पौण्ड तक अर्थात् वर्ग फुट में १८,००० पौण्ड होता है; रान्डेलेट साहेब ने चूना प्रभृति साधारण लेप का संश्लेष प्रति वर्ग इन्च १५ से ३० पौण्ड तक अर्थात् प्रति वर्ग फुट २१६० से ४,३२० पौण्ड तक पाया। सो संश्लेष का मध्यम परिमाण अर्थात् धक्का सम्हालने का बल प्रति वर्ग फुट ४००० पौण्ड लिया जा सकता है। इस हिसाब से म होना चाहिये ३६००० ÷ ४००० = ९। यह मोटाई प्राय उतनी ही है जितनी कि ४० फुट ऊंचे पाये के पतन निवारण के निमित्त आवश्यक होती है, अतएव थोड़ी ऊंचाई के पायों के निमित्त आवश्यक है कि पार्श्वस्तम्भ की मोटाई की गणना उल्लिखित दोनों रीति से की जाय, और इन गणनाओं से जो अधिकतम मोटाई निकले उसे पार्श्व-स्तम्भ की न्यूनतम

मोटाई समझे।

४३। किसी अन्य देश में पार्श्वस्तम्भ नहिं ले इस उद्देश्य से गणना द्वारा जितनी चिनाई आवश्यक बोध हो उसका अष्टमांश उपस्तों के स्वरूप से (यथा चित्र ४। ५ में ३३) उससे अधिक योजना करनी चाहिये; और पत्तों का (चित्र ४। ५ में ५५) निर्म्माण भी इस रीति से करना चाहिये कि उससे भी महराब के धक्के की कुछ रोक हो; ईंट के छोटे पुलों में पार्श्वस्तम्भ के पीछे जो भरी की भराई होती है उसे भी गणना में कि यदंश धक्के का विरोधी समझ लिया जा सकता है, पर भारी महराबों में ऐसा न समझना चाहिये, क्योंकि चिनाई और भरी में यदि कुछ भी पार्थक्य हो तो उससे स्तम्भ की हानि की सम्भावना है।

४४। महराब- पत्थर और ईंट के पुलों की या तो हलाई होती हैं, या धनुषाकार या अर्द्ध-वृत्ताकार, (अर्द्ध- अण्डाकृति वक्र कोई प्रकृत होते हैं कोई अप्रकृत)।

४५। हलाई के महराबें दृढ़ होती हैं और पाये पर उनका बड़ा धक्का नहिं लगता, ऐसेही गुण अर्द्ध-अण्डाकृति महराबों में भी है। परन्तु इनका उठा-

व वहुत होता है, जिससे आगम बहुत ऊंचे करने पड़ते हैं और व्यय अधिक होता है। अर्द्ध अण्डाकृति महराब मे सुदृश्य और लघुता होती है और जल निर्गम उसमे अधिकतम होता है, पर वृत्तखण्ड की न्याई दृढ़ नहि होता और उसका निर्म्माण भी तदपेक्षा कुछ कठिन है, इसलिये व्यवहार मे प्रायशः वृत्तखण्ड अवलम्बन किया जाता है।

४९। उठाव पाट के चतुर्थांश से सप्तमांश पर्य्यन्त प्रायशः होता है। निर्म्माता को चाहिये कि पुलोंके कई नमूने देखकर जो महराब श्रेष्ठ प्रतीत हो उसे अवलम्बन करे, पर यह ध्यान रखना चाहिये कि महराब जितनी चपटी होगी उतनीहि उसके बनाने मे अधिक सावधानता आवश्यक होगी, और जितनी वह ऊंची होगी उतनीहि वह अधिक व्यय साध्य होगी।

५०। महराब का उत्थान जलके उच्चतम चढ़ाव की रेखासे कुछ ऊपर रखना चाहिये, और यदि पुल ऐसी नदी के ऊपर हो जिसमें नाव भी चलती हों, तो महराबके नीचे इतना स्थान रहना चाहिये कि जलके चढ़ाव के समय उसमे से भरी हुई नाव अनायास से निकल जाय।

४८। पुलकी सारी महराबों के पाट और उठाव को एक से रखने की और उनके उत्थान की रेखा को समस्थ रखने की रीतिहि इन दिनोंमे अधिक प्रचलित है। दूसरी रीति यह है कि सब महराबें परस्पर समान न हों छोटी बड़ी हों, और पुल के मध्यसे उनके दोनों सिरे की ओर ज्यों२ बढ़ते जाय त्यों२ उत्थान रेखा नीची होती जाय। पहिली रीतिसे पुलकी मुंडेर और सड़क समस्थ होतीहै, और सड़क को शुष्क रखने के लिये कुछ२ अन्तर पर मुंडेर के नीचे से पानी के निकास के निमित्त छिद्र अर्थात परनाले रक्खे जाते हैं। दूसरी रीति से आगम प्रकृति के निर्म्माण मे व्यय का कुछ लाघव होता है क्योंकि पुलके मध्यसे दोनो ओर सड़क मे ढाल होती है।

४९। महराब की मोटाई — सब छोटी महराबें चूड़ा(१) पर ९ इञ्च अर्थात दो ईंट मोटी होनी चाहियें. और परीक्षा से अवधारित हुआ है कि २५ फुट तक पाट होनेसे इतनी मोटाई यथेष्ट है, और २५ फुट से पाट जितना अधिक हो प्रति ८ फुट आधी ईंट अर्थात ४½ इञ्च मोटाई बढ़नी चाहिये, इस हिसाब से ५० फुट पाट के निमित्त मो-

(१) Crown

टाई २ १/२ ईंट अर्थात् १ फुट ८ इञ्च होती है, इस देश में ५० फुट से अधिक पाट की महरावें बहुत कम बनाई जाती हैं, इसलिये २ फुट अधिकतम मोटाई समझनी चाहिये। इक पत्थर की बड़ी महरावों के निमित्त पाट का नौमवां अंश मोटाई यथेष्ट है। यह एक साधारण नियम समझो कि पत्थर की महराब की जितनी मोटाई हो, ईंट की महराब की मोटाई उससे कुछ अधिक होनी चाहिये।

५०। चूड़ापर महराब की जितनी मोटाई हो उससे नीचे उत्थान की ओर ज्यों २ बढ़ते जाओ त्यों २ मोटाई को अधिक करते जाना चाहिये। धनुषाकार अर्थात् हज खण्ड की महरावों में चूड़ा पेला उत्थान पर डेवढ़ी मोटाई होती है। ईंट की महरावों को कई भागों में विभक्त करना चाहिये और प्रत्येक भाग में मोटाई की अधिकता आधी ईंट होनी चाहिये ता कि चिनाई यथोचित बन्धन के साथ हो। छोटी महरावों में बहिश्छेद को अन्तश्छेद के समानान्तर रख सकते हैं।

५१। महरावों का लगौना- महराब के निर्माण के समय उसके थामने के निमित्त जो उसके नीचे

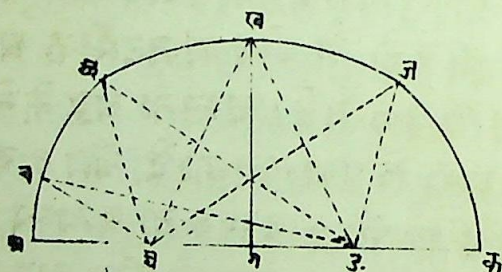
(१) Laying out

डाट वा कालब बनाया जाता है, और जो इस ग्रन्थ
में उपन्यंक[1] नाम से अभिहित होगा, उसके निमित्त
रेखाओं का वर्णन तो आगे होगा। पहिले उसके ऊपर
की गोलाई के खेंचने की रीति कही जाती है, क्यों-
कि उसी की गोलाई पर महराब की गोलाई बनती
है। केन्द्र के स्थान में एक खूंटी वा कील गाड़ के,
रस्सी वा तार की त्रिज्या बना कर, भूमि पर महराब
वा उपन्यंक का वक्र खेंचा जा सकता है। (निर्दिष्ट
पाट और उठाव से केन्द्र निकालने के निमित्त रेखा-
मिति की इस प्रतिज्ञा के अनुसार गणना करने से
त्रिज्या विदित होजाती है - "किसी वृत्त के भीतर
यदि उसकी दो जीवा एक दूसरी को काटें, तो एक
जीवा के खण्डों का घात दूसरी जीवा के खण्डों के
घात के तुल्य होगा"।

८२। अर्द्ध अण्डाकृति महराब लगाने के निमि-
त्त (यथा चित्र ९ में) पाट अर्थात् तिर्य-[2]
क् अ क रेखा (यथा चित्र ९ में) पाट अर्थात्
दल के तुल्य खेंचो। इस पर ख ग लम्ब उठाव के
तुल्य खेंचो जो अर्द्ध-लघ्वक्ष[3] होगी। तब ख बिन्दु
से त्रिज्या अग वा गक अर्थात् आधे पाट के तुल्य
एक चाप खेंचो जो अक को घ ङ पर काटेगी; ये
दोनों बिन्दु घ ङ अण्डाकृति के अन्तःकेन्द्र[4] होंगे। इस

(1) Centering (2) Transverse Axis of the ellipse (3) Conjugate axis of the ellipse
(4) Foci of the ellipse

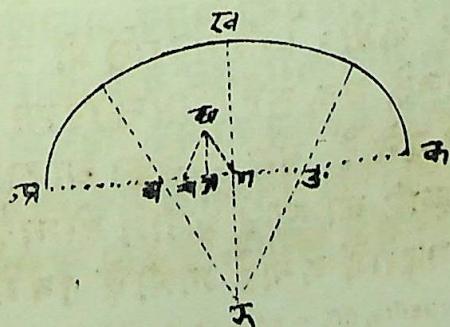
अंत केन्द्रों पर यदि दो कील वा खूटियें गाड़ी जांय और उनमे एक सूत जिसकी लम्बाई अक के तुल्य हो बांधा जाय, तो एक तीसरी कील से, जो उस सूत के दोनों भागों को ताने रक्खे, एक वक्र खेंचे जाने से अण्डाकृति वक्र बन जायगा। क्योंकि, चित्र ९ मे, चचउ., घअउ., घखउ., घजउ., प्रभृति रेखा पाद अक के समान हैं और परस्पर भी तुल्य हैं।

(चित्र ९)

अण्डाकृति खेंचने की और भी कई रीति हैं, पर वे न तो ऐसी ठीक हैं न उनसे यह वक्र शीघ्र खिंच सकता है।*

५३। कभी २ ऐसी महराबें भी लगाई जाती हैं कि जिनके वक्र कई विभिन्न त्रिज्या वाले वृत्तों के चाप से बने हैं, और जिनका आकार देखने मे अण्डाकृति की न्याईं प्रतीत होता है इस रीति से जो महराबें बनाई जाती हैं उन मे तत्समान

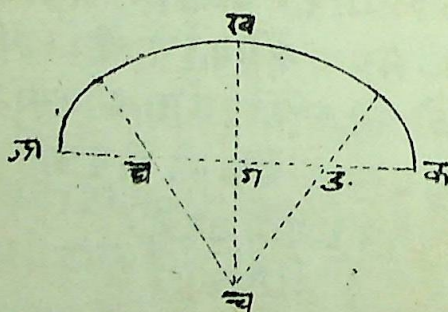
* पर एक व्यवहारिक रीति ४० परिच्छेद मे उक्त हुई है।

पाट और उठाव वाली अण्डाकृति महराब अपेक्षा
जल निर्गम अधिक होता है, और पत्थर के पुलों
के वे योग्य भी समझी जाती हैं; पर ईंट के पुलों के
निमित्त अण्डाकृति महराबों का बनाना हि सीधा
है। उक्त महराबें तीन वा तदधिक असम संख्य-
क केन्द्रों से खेंची जाती हैं। केन्द्रों की संख्या पाट
और उठाव के सम्बन्ध पर निर्भर करती है। जब
उठाव पाट की तिहाई वा तदधिक अंश हो, तब ती
न केन्द्र लिये जाते हैं; पर उठाव यदि पाट की ति-
हाई से न्यून हो, तो पांच वा तदधिक असम संख्य-
क केन्द्र लिये जाते हैं। वस्तुतः बहु केन्द्रों वाली
महराब का खेंचना कष्टकर है, और व्यवहार में पे-
सी महराबों की आवश्यकता अत्यल्प होती है।

यथा। साठ साठ अंश की तीन चाप वाली मह-
राब के खेंचने की रीति यह है।

(चित्र १०)

चित्र १० में अक पाट है, और खग उठाव । गच लो जो = अग-खग, और इस पर समत्रिबाहु चखग खेंचो, लम्ब छज डालो और छज के समान जच लो। इसी रीति से ङ. विन्दु भी मिलता है। चङ. पर समत्रिबाहु चङ.ऊ खेंचो, तब चङ., और ऊ ये तीन अभीप्सित केन्द्र होंगे।

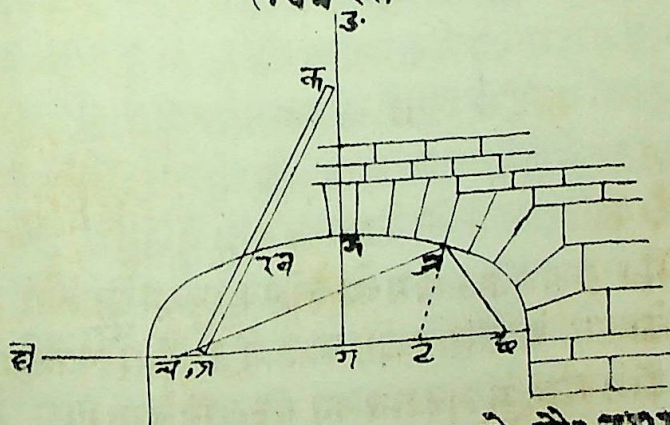
५५। यदि तीन चाप वाली महराब का उठाव पाट का तिहाई हो तो आधे पाट अग गक को चङ. विन्दु पर अर्द्धीकृत करो (यथा चित्र ११ में)

(चित्र ११)

और उत्क्रम ज्या खग को चतक बढ़ाओ और गच को खग के तुल्य करो, तब च, ङ., और च तीन केंद्र होंगे जिन से महराब का वक्र खिंचेगा।

५६। व्यवहार में रस्सी से महराब खेंचना कुछ कठिन होता है, क्योंकि खिंच की न्यूनाधिकता से

रस्सी की लम्बाई समान नहिं रहती, इसलिये र-
स्सी के स्थान में पतली तार से जिसकी मोटाई
इञ्च का प्राय दशमांश हो, यह कार्य सम्पन्न
करना चाहिये। जब त्रिज्या १२।१४ फुट से अ-
धिक न हो तब लकड़ी की पटी वा डण्डी से, जि-
सके दोनों सिरे पर लोहे की कील लगी हो, महरा-
ब अच्छी खिंच सकती है।

५८। अण्डाकृति महराब के खेंचने की एक
व्यवहारिक रीति यह है। एक अक पटी से (चि-
त्र १२ देखो) अख महराब के उठाव के तुल्य करो,
और खक आधे पाट के तुल्य; अब पटी का

(चित्र १२)

एक सिरा अ यदि खग रेखा पर चले, और दूसरा
सिरा क ग उ रेखा पर जो ग पर लम्ब है, तो ख

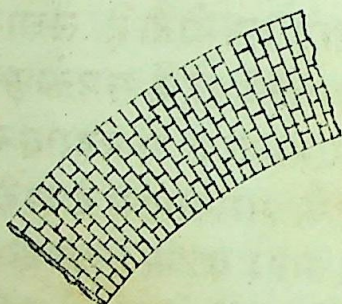
बिन्दु से अण्डाकृति वक्र का चौथाया भाग खिंच जायगा।

९८। उक्त महराव में चिनाई की सन्धि की दिशा अवगत होने के निमित्त क बिन्दु को केन्द्र करके आधे पाट के तुल्य त्रिज्या से चाप च छ खेंचो तो च और छ बिन्दु अण्डाकृति के अन्तकेन्द्र होंगे अब यदि किसी बिन्दु ज पर सन्धि की दिशा निरूपण करनी हो तो ज च औ ज छ को मिलाओ और च ज छ कोण को ज ट रेखा द्वारा अर्द्धीकृत करो तो ज ट की दिशा सन्धि की दिशा होगी।

९९। महरावों के निर्माण का तत्त्व, चाहे वे ईट की हों चाहे पत्थर की एकहि है; हर खण्ड की महराव में हर एक सन्धि की दिशा केन्द्राभिमुख होनी चाहिये, और अण्डाकृति की महराव में अन्तकेन्द्रों के अभिमुख (अर्थात दोनों अन्तकेन्द्रों की दिशा से जो कोण बनता है उसके मध्य में)। पर पत्थर की महरावों में हर एक पत्थर को वर्ण्णाश के आकार में गढ़ना पड़ता है। ईट की महरावों में यदि साधारण चिनाई की जाय तो बाहरखंड की ओर सन्धि के मुख खुले रहेंगे, और उनके बीच में यदि चूना भर दिया जाय तो काम

दृढ़ नहिं होगा, क्योंकि केवल चूना उतना दबाव
नहिं झेल सकता जितना कि ईंट; इसलिये या
तो ईंट को वक्रांश के आकार में गढ़ लेना चाहिये
(पर इस प्रक्रिया में व्यय अधिक होता है और चि-
नाई भी कुछ बलहीन होजाती है) या जैसे प-
हले के ऊपर कहा है इस प्रकार से कई रद्दे की मह-
राब बनानी चाहिये, हर रद्दे में ईंटों के निचलेसिरे
एक दूसरे से मिले हुए हों, इससे सन्धि की दिशा में
कुछ ऐसा बड़ा अन्तर नहिं पड़ेगा जिससे हानि हो,
वरञ्च प्रत्येक ऊपरले रद्दे में उसके निचले रद्दे की अ-
पेक्षा अधिक ईंटें होने से चिनाई दृढ़ होगी।
परन्तु जिन महराबों का पाट १० फुट से अधिक
हो उनके लिये यह रीति अनुपयुक्त है, क्योंकि वि-
भिन्न रद्दोंके असमान रूपसे बैठने से ऐसा होस-
कता है कि सारा बोझ कि [illegible] एक रद्दे के ऊप-
र पड़े और महराब टूट जाय। सर्वोत्तम रीति
यह है कि, चपटी हुम छल्लाकृति महराबों से
मिला जिनकी बहिर्छोर और अन्तर्छोर की लम्बा-
ई में थोड़ा हि अन्तर हो, पृथक् २ रद्दे से महराब
का एक एक भाग बनाया जावे और उनके बीच-
में साधारण, या दृढ़ चिनाई हो; यह चिनाई

या तो सन्धि की दिशा निरपेक्ष होकर साधारण ईंटों की हो या ऐसी ईंटों की हो जो वक्रांश के आकार में बनाई गई हों, यथा चित्र १२ में।

(चित्र १२)

४ फ़ुट तक पाट की महराब के निमित्त बन्धन की यह रीति उपयोगी है। उपरूपक के ऊपर ईंट के रद्दे लगाते जाना और पड़े रद्दे को पृथक् न करके बन्धन की रीति से एक शीर्षक एक आयत ईंट रखते जाना। इस प्रकार महराब की चिनाई में साधारण चिनाई की अपेक्षा कुछ बहुत व्यय भी नहिं होता, परन्तु बहुत बड़े पाट के यह उपयुक्त नहिं। प्रसिद्ध रीति महराब की चिनाई की साधारण बन्धन के द्वारा है अर्थात् जिससे महराब की चौड़ाई और मोटाई दोनो दिशा में बन्धन होता जाय।

९०। तिर्छी[1] महराब- ऊपर जिन महराबों का

[1] Skew or oblique arch

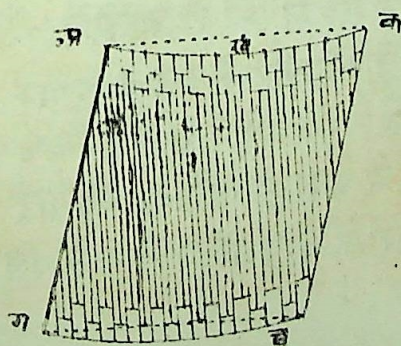
वर्णन हुआ उनका पड़ा चिन्ह समचतुष्कोण वा आय-
ताकार होता है अर्थात् उनके पाये की दिशा उनकी
चिनाई के रद्दे के समानान्तर और उनके ललाट के
समकोण में होती है, परन्तु तिर्छी महराब में, जिस
के निर्म्माण की रीति आगे उक्त होती है, ललाट की
दिशा पाये के और चिनाई के रद्दे के समकोण में न-
हीं होती, क्योंकि यदि ऐसा होता तो महराब का ध-
क्का, जो चिनाई के रद्दे के समकोण में होता है, दोनों
ओर कि प्रदेश पाये के बाहर पड़ता। अतएव मह-
राब के सम्पूर्ण धक्के को पायों पर डालने के निमि-
त्त चिनाई के रद्दे को जहांतक होसके ललाट के स-
मकोण में और पायों की दिशा के ऊर्ध्व कोण में ल-
गाना चाहिये, इसीलिये इस प्रकार चिनाई की म-
हराब को तिर्छी महराब कहते हैं। ऐसी महराबें
पत्थर की बनानी हों तो पत्थर को ठीक आकार प-
र गढ़ने में बड़ा यत्न और परिश्रम आवश्यक है,
परन्तु ईंट की चिनाई ऐसी महराब की प्राय सी-
धी महराब की न्याई शीघ्रता से होसकती है। ज-
ब उपरूपक बनजाय और उसका पृष्ठभाग कर्दम
और गाच से जैसा चाहिये वक्राकार होजाय, तब
चाप के समान लम्बा और प्राय ४ इञ्च चौड़ा तख़्ता

लो जो अत्यन्त पतला हो और मुड़ सके। इस नमूने की एक ओर की दोनों नोक को दोनों पाये की नोक से मिलाओ, और उसके उसी धार के मध्य को उपरूपक के मध्य से मिलाओ और एक पार्श्व उसका सम्पूर्ण रूप उपरूपक के रूप से मिला रक्खो; तो नमूने की लम्बी धार से पेच की न्याईं वक्राकार रेखा बनेगी और छोटी धार से उसके लम्ब में दांतें[1] का आकार निरूपण होगा जो पाये की धार पर उसी ऊंचे ईंटों के बनाए जाते हैं। फेर उस नमूने को उठाकर (महराब की चौड़ाई की दिशा में) उसके आगे उसी प्रकार रक्खो और उसकी धार से, आधी ईंट की चौड़ाई पर, पूर्व रेखा के समानान्तर रेखा खेंचते चले जाओ जिससे हर रद्दे का बन्धन निरूपण होगा। तिर्छी महराब में भी सीधी महराब की न्याईं वक्र के लम्ब दिशा में ईंटें रक्खी जाती हैं।

८९। पाये का सिरा अर्थात् पम्मी के साथ महराब के निचले रद्दे का जोड़, इस तरह की महराबमें, तिर्छी महराब में, और उचौंऊ[2] महराब में, बड़ी सावधानता के साथ लगाना चाहिये। इस तरह की महराब में जो धक्का बहुत होता है, इसलिये पाये की चिनाई में पम्मी के नीचे के ऊंचे रद्दों की सन्धि

(1) Toothing (2) Rampant arches (i.e. whose springings are not on the same level)

पड़ी न करके यदि खम्भी की न्याई टेढ़ी की जाय, विशेषतः भारी महराबों मे, तो अच्छा हो, और खम्भी के पत्थर वा ईंट अच्छे बन्धन के साथ रक्खा जाना चाहिये और मोटा इतना होना चाहिये ताकि चूर्ण न होकर दबाव को सहार सके।

९१। तिर्छी महराब मे पाये पर समान बोझ नहि पड़ता, इसलिये पाये की मोटाई को भी बोझ के अनुसार असमान करना चाहिये, और जो कि धक्का भी समान नहि लगता इसलिये उचित है कि मसाले के बैठने के पहिलेहि उपरूपक निकाल लिया जाय ताकि दबाव की असमानता सारी सन्धियों मे विभक्त हो जाय और महराब मे पीछे दराड़ न पड़े।

९२। चित्र ५४ तिर्छी महराब का अर्द्ध अन्तर्छेद दिखलाता है।

(चित्र ५४)

अ ब क, तिछे परिछेद के वक्र की गोलाई है, व ब र दे की सन्धि की एक धार जो अ क सीधी रेखा के लम्ब में है
अ ग, महराव की उत्थान रेखा है
उ ठा ऊ, महराव में जो थम्भी की सन्धि पड़ी दिशा में तिर्छी होती है, सो वह तिर्छापन यदि थम्भा के घर्षण के कोण से न्यून न हो, तो थम्भी को या तो सी-ढ़ी की न्याई काट कर बनाना चाहिये, या कोई उप-युक्त बन्धन वा लोहे का अङ्ग ग्रह वा शाम और क़ाबले, पाये और महराव की परस्पर पकड़ के लिये लगाने चाहियें।

६४। कन्धारे - अर्थात् महरावों के बीच के स्थान की भराई कई प्रकार से होसकती है, पर निम्न लिखित प्रकार सर्व्वोत्तम गिना जाता है। छोटे पुलों में, पाये की चिनाई को महराव के उठाव की प्राय चौथाई ऊंचाई के समान लाकर चूड़ा के ऊपर तक उसकी मसालामी कर दी जाती है, और अवशिष्ट स्थान में कङ्कर पत्थर वा ईंट के टुकड़े भर दिये जाते हैं, पर रेत भरी नहि। बड़े पुलों में एवंवत् चौथाई उठाव के समान पाये की चिनाई करके उसके ऊपर महरावों के बीच आड़ी दिवालें चिननी चाहियें,

इन दिवालों की लम्बाई नीचे तो पाये की चौड़ाई के
समान होगी और ज्यों२ ये ऊंची होती जांयगी त्यों२
इनकी लम्बाई अधिक होती जायगी जबतक कि
दोनों सिरे इनके पाय दोनों ओर के मुड़ानतक पहुंच
जांय, इन दिवालों का टिकाव अधिकांश महराब
के कटि देश पर है, इसलिये ये दो महराबों के बी-
चमे ठेकी काम देती हैं। ये दिवाल दो से तीन फु-
ट तक के अन्तर पर बनाई जाती हैं, और उंचाई के
अनुसार १८ इन्च से ३ फुट तक मोटी होती हैं। य-
दि ऊंचाई इन दिवालों की अधिक हो तो उनके ऊपर
लम्बे पत्थर वा पक्के चौके उनके परस्पर बन्धन के नि-
मित्त रक्खे जाते हैं। बाहेर की दीवाल अर्थात् स-
लार भी इसी प्रकार उनके समानान्तर चिने जाते हैं
और और दीवालों के साथ संयुक्त होते हैं फेर उन
दिवालों के ऊपर भी गुम्बज़ की न्याई छोटी२ महरा-
बें लगाई जाती हैं। इन दिवालों के नीचे और पा-
ये के सिरपर बराबर लम्बे छिद्र रक्खे जाते हैं, ता-
कि पुल के भीतर यदि पानी स्रवे अथवा कन्दर मे
किसी प्रकार से आकर एकत्र हो तो वह इस छिद्र के
पथमे पननाले के द्वारा जो वहां लगाया जाता है
बाहेर निकल जाय। बाहेर की दिवाल वा ललाट.

भीतर की दिवालों की अपेक्षा अधिक मोटी होती है, औ-
र एक लम्बी दिवाल पाये की सीध में उक्त दिवालों के आर
पार बनाई जाती है जो उन को परस्पर संयुक्त करती है।
जब कन्धर की दिवालें पूरी उंचाई तक पहुंच जावें त-
ब सड़क की सलामी के अनुसार उनकी सलामी कर
देनी चाहिये, और यह सलामी ४५ फुट में १ फुट से
अधिक न होनी चाहिये। कन्धर की निर्मिति में यह
स्मरण रखना चाहिये कि बड़ी चपटी महराब यदि गि-
रे तो कूड़ा पर गिरेगी, इसलिये उसकी कटि पर बोझ
देना केवल अनपकारक ही नहि वरन्च उपकारक है;
और ऊंची महराब यदि टूटे तो वह कूड़ा पर ऊपर की
ओर फुलेगी, इस हानि की सम्भावना के कारण के लि-
ये कटि को जितना हो सके लघु रखना चाहिये। इन
बातों का ध्यान न रखने से पुलों में बहुधा बहुतसी बि-
नाई और अनावश्यक व्यय होता है।

९५। बीड़ - ललाट के ऊपर होती है, और ल-
म्बाई इसकी पुल की लम्बाई के समान होती है, अर्था-
त महराब, कन्धर, और पल पर यह बराबर चली
जाती है। बीड़ के ऊपर के रद्दे की चौड़ाई पूरी होनी
चाहिये जिसमें भीतर की और बाहर की कार्निस और
मुंडेर की नींव के निमित्त यथेष्ट स्थान रहे। बाहिरकी

कार्निस के उपरीतल मे इतनी सलामी रहनी चा-
हिये कि उस पर से पानी ढल जाय और पुल के
ललाट पर भी न टपके। किसी२ पुल मे ऊंचाई के
स्थान मे बराबर छिद्रवा महराब कारीगरोंने ब-
नाये हैं, इससे पाये पर बोझ का लाघव तो होता
है, पर बड़ी महराबों के बैठने से इन छोटी मह-
राबों मे बड़ा व्यतिक्रम आजाता है, इससे उपका-
र तो एक ओर रहा वरन अपकार होजाता है।
इसलिये निर्म्माण शास्त्र कुशल लोग इसीको री-
तिको श्रेष्ठ और सीधी समझते हैं।

८८। पत्त — या तो पार्श्वस्तम्भ के समकोणमे
या कुछ तिर्छे अर्थात बाहेर की ओर झुके हुए
और वक्राकार होते हैं। पहिला प्रकार सीधा है,
और उससे नदी तट की मट्टी को भी अच्छी पकड़
होती है, परन्तु पुल पर आकार जब सड़क की चौ-
ड़ाई तङ्ग होती है, अथवा जब दो वा अधिक स-
ड़के वहां आकर मिलती हैं, तब पत्तों को वक्रा-
कार करना पड़ता है। जो नदी तट की मट्टी दृढ़
न हो तो पत्त की नीव उतनी गहरी रखनी हो-
गी जितनी कि पार्श्वस्तम्भ की, नहि तो निचाई के
असमान बैठने से दिवालों मे दराड़ आजायगी।

परन्तु नदीतटकी मट्टी यदि दृढ़ हो तो पलकी नी-
व सीढ़ीकी न्याई बनाने से सस्ती और दृढ़ होगी।
प्रत्येक सीढ़ी की गहराई तट के परिच्छेद और म-
ट्टी पर निर्भर होगी। शिलामय भूमिमे हर एक
सीढ़ी का ऊपरि भाग भूतल से २ फ़ुट नीचे होना
चाहिये, और प्रकार दूसरी या कंकरेली भूमि मे ३फु-
ट नीचे। पलकी लम्बाई के निमित्त यह एक स-
हज नियम है कि नदीगर्भ से सड़क की जितनी
ऊंचाई हो उससे यह ड्यौढ़ी हो। मोटाई इन दि-
वालों की, जड़ मे, ऊंचाई की चौथाई हो तो अच्छी
है, और भीतर की ओर सीढ़ी सी छोड़ते जाना
चाहिये, ता कि ऊपर जाकर दो ढाई फ़ुट मोटाई
रहजाय। वस्तुतः पलकी मोटाई की गणना उसी
प्रकार से होती है जैसे कि थाड़की दिवाल की;
और पलकी मोटाई केवल उसकी ऊंचाई पर निर्भर
नहि करती वरन्च मट्टी के प्रकार विशेष पर भी;
जब मट्टी दृढ़ और जमी हुई हो तब पलों पर
इतना दबाव नहि होगा जितना कि मट्टी के अ-
दृढ़ और शिथिल होने से होगा। ऐसा देखागया
है कि बड़े मोटे पलकी समाप्ति के पीछे जब उ-
सके भीतर खुली मट्टी डाली गई है और उस पर

पानी पड़ा है तब उसने पुल का पत्त को गिरा दि-
या है; अतएव इस प्रकार हानि की सम्भावना
निवारणार्थ उचित है कि पत्त की जैसे२ चिनाई
होती जाय उसके साथ२ हि मट्टी भी भरी जाय,
ताकि लोगोंके चलने फिरने से वह बैठती जाय
और पीछे उस पर पानी शीघ्र प्रवेश न कर सके।
जब पार्श्वस्तम्भ लम्बे उपस्रों के साथ बनाये जाते
हैं तब पत्तों पर दबाव घट जाता है। पत्तकी चौ-
ड़ाई से उसके सिरे अधिक चौड़े रक्खे जाते हैं, ता-
कि वे पत्त के उपयुक्त स्वरूप हों, ये सिरे नीचे प्रायशः
चौरस रक्खे जाते हैं, और ऊपर इनका आकार
मुंडेर की दिवाल के अनुसार, जैसा चाहे वैसा हो
क्योंकि ऊपर ये मुंडेर की दिवाल के साथ मिल
जाते हैं।

६८। मुंडेर की दिवाल — मध्यम परिमा-
ण पुलमें इनकी उंचाई सड़क से ३ फुट होनी
चाहिये, बड़े पुलों में यह उंचाई ४ फुट तक हो
सकती है, और छोटी नालियों के पुल में किनार्
इन्च उंचाई हि यथेष्ट होगी। मोटाई डेढ़ या दो
ईंटों की होनी चाहिये; प्रायशः डेढ़ ईंट हि यथे-
ष्ट है।

भीतर (अर्थात् सड़क) की ओर ४॥ इन्च ऊंचाई तक ४॥ इन्च अधिक चौड़ी होनी चाहिये ताकि गाड़ी के पहिये की टक्कर से मुंडेर टूट न जाय, पर यदि मुंडेर के पास पैदल चलने वालोंका पृथक् पथ हो तो इस अधिक चौड़ाई की आवश्यकता नहिं, यह अधिक चौड़ाई, जिसे गनलेम्ब कहते हैं, पत्थर की हो तो अच्छी है यदि ये मिल सकें, नहिं तो ईंट के खड़न्जे(१) की होनी चाहिये।

बीड़ - जिसके ऊपर मुंडेर बनती है १॥ फुट से २ फुट तक चौड़ी होनी चाहिये और १ फुट से २ फुट तक ऊंची। मुंडेर के भीतर का पार्श्व सम होना चाहिये, क्योंकि उस पर यदि कोई उभरा हुआ चित्र कर्म होगा तो वह बारम्बार शीघ्र विनष्ट होजायगा। बहिः पार्श्व में मुंडेर के ऊपर और नीचे यदि कानिस(२) अर्थात् बहिर्लेख हो तो पुल देखने में अच्छा होगा। यदि मुंडेर की दिवाल के स्थान में स्तर-स्तम्भ(३) श्रेणि लगानी हो तो मट्टी के ठोस स्तम्भ बनाकर ईंट की न्याईं उन्हें पकालेना चाहिये, पोले स्तम्भ कदापि लगाने नहिं चाहियें। साधारण मुंडेर अनेक

(1) Brick on edge (2) Cornice
(3) Balustrade

प्रकार की, ऊरनों से बनती है। ये ऊरने भी ए-
क प्रकार की छिद्रविशिष्ट चौरस ईंटें हैं जो
इसी कार्य्य के निमित्त बनाए जाते हैं।

९८। पुलों का भूषण निर्म्माता की विवेच-
ना और रुचि पर निर्भर करता है, पर उसके
कुछ थोड़े से संकेत यहां भी उपकार शून्य
न होंगे। पुल के सारे अलङ्कार स्थूल और
सुदृश्य होने चाहियें, भरी निकली हुई लम्बी
कार्निस, दिल्लेवाली(१) मुंडेर की दिवाल, गोलाकार
मस्तक(२) खम्भों शीर्ष की दिशा निर्देश, महराब के
मुख को ललाट से कुछ इञ्च आगे निकाल कर
अन्तश्छेद का आकार स्पष्ट रूप से प्रदर्शन कर-
ना, महराब के मुख को कुठारखण्डाकृति रेखा-
ओं से विभक्त करना, खम्भों के सिरे की धार नि-
कालनी इत्यादि आलङ्कारिक उपायों से पुल-
का निर्म्माण कार्य्य सुदृश्य होता है।

९९। पुल की मुंडेरें यदि ५ गज़ से अधिक
लम्बी हों तो कुछ २ अन्तर पर उनके पास पानी के
निकालने के लिये छिद्र रखने चाहियें। पानी
की नालीयें या तो महराब की चूड़ा में या खम्भों
में निकाली जायं, प्रयोजन से अत्यल्प विरोध

(१) Panelled (२) Cappings of the pier he

होता है। पतनाले को मुंडेर के नीचे से निकालक-
र ललाट के ऊपर से भी छोड़ देते हैं। इन छिद्रों
की नली सड़क से प्रायः १ इञ्च नीची होनी चाहि-
ये, और यदि कार्निस हो तो पानी को उसके ऊपर
से निकालना चाहिये।

८०। ईंट के पुलों का प्रायशः पलस्तर[1] होता है।
पलस्तर से एक प्रधान आपत्ति यह है कि उससे चि-
नाई के सारे दोष जो ढक जाते हैं, इसलिये कर्म-
कारलोग चिनाई अच्छी नहि करते, सिवाय इसके
पलस्तर के टूट जाने से मुंडेर प्रभृति कुरूप हो
जाती हैं। कपिशीर्ष[2] अर्थात् मस्तक यदि पत्थर
का हो तो उसके भग्न होने की अल्प सम्भावना है,
और पुलका पलस्तर न होने से वह उसके सौन्दर्य
को बढ़ाता है। तब ईंट का रद्दा सुनियम से लगा-
ना पड़ता है, सन्धियों में चूना अल्प लगाना और
पीछे उनका टीप[3] कर देना पड़ता है सन्धि के मुख
को समान चौड़ी चूने की पट्टी से बन्द कर देने को
टीप कहते हैं टीप पलस्तर का काम देता है, और
चिनाई के सौन्दर्य को बढ़ाता है, पर चूने में अच्छा
संश्लेष न होने से शीघ्र उखड़ भी जाता है, क्योंकि य-
ह चिनाई से उभरा हुआ होता है। कार्निस और

(1) plaster (2) Coping (3) Pointing points

अन्यान्य अलङ्कार सब या तो बड़वां ईंट के या
तद्रूप पाथी हुई ईंट से बन सकते हैं।

७१। सड़क — पुल के ऊपर फ़र्श में पहिला
रद्दा तो ईंटों के खड़ंजे का होना चाहिये और उ-
सके ऊपर सड़के कङ्कर का रद्दा जो कूटकर खूब
पर १ फ़ुट रह जाय और किनारे पर ६ इञ्च। सड़-
क चाहे कच्ची हो तो भी पुल के ऊपर पक्की होनी
चाहिये, जो और जगह न मिले तो पजावे की जली
हुई ईंट लगाना मुनासिब है। पुल के ऊपर हट दे-
ना चाहिये। फेर मुंडेर में ४ फ़ुट तक पत्थर वा
ईंट के खड़ंजे का पथ पैदल चलने वालों के लि-
ये बना देना चाहिये और ऊपर उसके पत्थर की
सिल या ईंट के चौके बिछा देने चाहियें, यह
पथ बीच की सड़क से २। ४ इञ्च ऊंची होनी
चाहिये, और दोनों के बीच में सलामी(१) की पक्की
नाली पानी के बहने के लिये रखनी चाहिये।
यह नाली भी होसके तो पत्थर की हि बनानी
चाहिये।

७२। मुंडेर के चारों सिरे पर अथवा जहां से
सड़क तङ्ग होने लगती है चार पत्थर के रौक
स्थापित करने चाहियें, ताकि मुंडेर के सिरे पर

(१) Saucer drain (२) Guard-stones

पहियों की टक्कर न लगे।

७३। छोटी नालियों के पुल पर सड़क की चौड़ाई इतनी होनी चाहिये; पर बड़े पुलों पर, यदि यातायात बहुत न हो, तो, व्यय के लाघव के निमित्त, १८ फ़ुट की सड़क रक्खी जा सकती है; पर ऊंची सड़कों पर पुल के ऊपर २० फ़ुट चौड़ा पथ रखना चाहिये; और बड़े नगरों के पास यह पथ ३८ फ़ुट तक चौड़ा हो। सड़क की ये चौड़ाई मुंडेर के भीतर भीतर हैं और ६ की अपवर्त्य(१) हैं, क्योंकि एक गाड़ी के सुगमता के साथ निकलने के लिये ६ फ़ुट पथ चाहिये। पैदल चलने वालों के लिये पथ पुल से बाहर छज्जा निकाल कर भी बन सकता है; यह छज्जा या तो ईंटों को, बाहर निकाल कर या ढलवें लोहे की डली पर या लकड़ी की शहतीरों पर बन सकता है।

७४। पुल के ऊपर की सड़क अधिक बहुत ऊंची होने से सलामीदार आगमों की आवश्यकता होती है। आगमों की सलामी के निमित्त ३० फ़ुट लम्बाई में १ फ़ुट से अधिक उठाव न होना चाहिये। पुल में यदि एक ही महराब हो, अथवा कई ऐसी महराबें हों जिनकी ऊंचाई छड़ा पर परस्पर समान

(1) Multiple

हो, तो उसके ऊपर सड़क को प्रायः समतल रख-
ना चाहिये, अर्थात् चूड़ा से पार्श्वस्तम्भ की ओर कु-
छ थोड़ीसी सलामी रखनी चाहिये। परन्तु मह-
राबों की ऊंचाई यदि समान न हो तो हर एक म-
हराब की चूड़ा पर सड़क की मोटाई समान होनी
चाहिये। यह सावधानता इसलिये आवश्यक है
कि महराब पर असमान बोझ न पड़े। पुलके ऊ-
पर सम्पूर्ण समतल सड़क ऐसी शुष्क नहिं रहस-
कती जैसी कि वह सड़क जो बीच से दोनों ओर
कुछ ढलवां हो। अतएव सड़क को कुछ तो चौ-
ड़ाई की दिशा मे और कुछ लम्बाई की दिशामे स-
लामी देने से पुलके ऊपर का अधिकांश जल उस
नाली से बह निकलेगा जो सड़क और दोनो ओर
के पदगपथ के बीच में है; और पत्तों से बाहर जा-
कर पक्की आड़ी नालियों के द्वारा निम्न भूमिमे जा
गिरेगा।

२५। पत्थर के पुल – बड़े पाटवाले पत्थर
के पुलों मे बड़े रूप दृढ़ और स्थायी पत्थर लगा-
ने चाहियें। पायों के भीतर, और पार्श्वस्तम्भ के
और ललाट के रुख मे, व्यय की अल्पता के निमि-
त्त अनगढ़े पत्थर लग सकते हैं, यदि बन्धन

और चिनाई सावधानता के साथ हो। पत्थर के ब-
ड़े २ चटान की चिनाई मे बन्धन ईंट की चिना-
ई की न्याई होते हैं, ताकि सन्धि निरवच्छिन्न न
रहे। प्रत्येक प्रस्तर खण्ड का बोझ जितना अ-
धिक होगा उतनीहि निर्मिति दृढ़तर होगी। ब-
ड़े भारी पत्थर भारोत्तोलन(१) यन्त्र द्वारा चिनाई
के स्थानमे निहित होते हैं। जहां चिनाई मे
जलके तरङ्गादि द्वारा बड़े धक्के लगने की सम्भा-
वना है वहां प्रस्तर खण्डोंका केवल बन्धनहि न-
हि वरन्च लोहे की शाम वा अङ्कुश द्वारा उन
का संयोग आवश्यक है। इस देशमे अन घड़े
पत्थर की चिनाईहि अधिक होती है; ये पत्थर दो
प्रकार के होते हैं, एक तो पहाड़ मे से जो पत्थर
की सिल या चटान काटलिये जाते हैं, दूसरे ब-
ड़े गोल पत्थर जो पहाड़ी नदियों के भीतर होते
हैं। गोल पत्थर की चिनाई मे हथौड़े से पत्थर
को तोड़ लेना चाहिये ताकि सन्धिका स्थान खुरद-
रा होजाय और चूना चपक सके। चिनाई का प्र-
कार यह है कि निचले रद्दे पर प्रचुर परिमाण
चूना मसाला बिछाकर उसमे पत्थर को अच्छे प्र-
कार से जमा देना चाहिये, बड़े प्रस्तर खण्डों के

(1) Crane

बीच मे जो छिद्र रहजांय उन्हे छोटे २ पत्थरों से भ-
र देना चाहिये, और उसके ऊपर फेर चूना डालक-
र रद्दे को समस्थ करना चाहिये। जबतक एक
रद्दा पत्थर और चूने से समस्थ न होजाय तबत-
क दूसरा रद्दा आरम्भ नहि करना चाहिये; जिस
स्थान मे पत्थर का टुकड़ा आसके वहां चूना न भ-
रना चाहिये, और जहां बड़ा पत्थर आसके वहां
बहुत से छोटे पत्थर नहि भर देने चाहियें। अन
घड़े पत्थर की चिनाई मे भी कोणों पर यदि घड़वां
पत्थर लगाया जाय तो अच्छा है। पत्थर के पुल
के निर्म्माण की और सब रीति ईंट के पुल की न्या-
ई है।

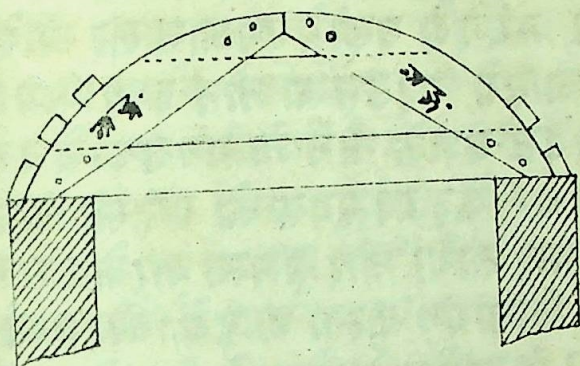
७८। **उपरूपक** - महराब जिस उपादान से
निर्म्मित होती है, उसके एक एक टुकड़े को लगा-
ना पड़ता है, इसलिये जबतक महराब समाप्त
न होजाय तबतक उसके नीचे एक सहारा वा टि-
काव की आवश्यकता है; महराब के समाप्त होने
के पीछे वह टिकाव निकाल लिया जाता है, क्यों-
कि तब वह उन (कुठारफलाकृति) टुकड़ों के
परस्पर दबाव के द्वाराहि ठैरी रहती है। इस टि-
काव के पृष्ठ का जैसा आकार वा रूप होता है,

तदनुसारहि अन्तच्छेदका भी आकार होता है, इसलिये उस (ढिकाव) को उपरूपक कहते हैं। सब उपरूपकों मे दो मुख्य बातों का ध्यान रखना चाहिये, एक यह कि उनके इष्ट देशका आकार जैसा चाहिये ठीक वैसाहि हो, दूसरी यह कि वे ऐसे दृढ़ होवें कि उन पर महराव के उपादान का, कर्म्मकारों का, तथा यन्त्र और उपकरणों का बोझ ठहर सके और उनके आकार वा रूप मे किञ्चिन्मात्र प्रभेद न हो, अर्थात् निर्म्माण के समय उपरूपक का कोई अंश बैठे नहि।

५०। लकड़ी के उपरूपक के एक अङ्ग[1] का लड़ा चित्र (२५) नीचे दृष्ट होगा। ऐसे २ कई काष्ठखण्डों से उपरूपक बनता है ये अङ्ग कुछ २ अन्तर पर लगाये जाते हैं और उनके ऊपर तख्ते वा लकड़ी के पटाव[2] इस रीति से जड़े जाते हैं कि उससे वह वक्र बन जाय जिस पर महराव की चिनाई होने वाली हो। छोटे महरावोंका उपरूपक बनाना तो कुछ कठिन नहि, न उसमे कुछ बड़ी कारीगरी है। ऐसे उपरूपक प्रायशः दो अङ्गों से बनते हैं, और उनके पृष्ठ पर पटाव कील से ठोक दिये जाते हैं। ये अङ्ग उपर्य्युपरि दो तीन

(1) Ribs (2) lagging)

(चित्र ५)

उपरूपक के एक अङ्ग का खड़ा चित्र

तख्तों को कीलों से जड़ने से बनते हैं। नालीयों
के पुल के निमित्त ऐसे उपरूपक तीन वा तदधि
क अङ्गों से प्राय दश दश फ़ुट लम्बे बनाये जा
ते हैं। प्रत्येक अङ्ग के ऊपर पटाव कील से जड़
दिये जाते हैं, प्रत्येक पटाव के तख्ते की लम्बा
ई अन्यून तीन अङ्गों से युक्त होती है अर्थात
इसके दोनों सिरे पर दो अङ्ग और बीच में एक
अङ्ग। इन में यदि कोई जोड़ हो तो निरवच्छि
न्न न हो अर्थात बीच में एक एक छोड़कर हो
नां चाहिये, ताकि सारा संस्थान दृढ़ रहे।

८८। लम्बी नाली वा खाड़ के निर्माण में

उपरूपक को पहिले उसके एक सिरे पर लगाना
चाहिये, और उपरूपक की लम्बाई के समान ज-
ब नाली वा सुरङ्ग की महराव की चिनाई हो
जाय, तब उसे वहांसे निकाल कर आगे बढ़ा-
ना चाहिये, पर उसका तीन इञ्च सिरा महरा-
व के उस अंशके नीचे जो बन चुका है रहने देना
चाहिये। फेर उपरूपक को पहिली चिनाई के
अनुसार सीधा और समस्थ करके उस नये स्था-
न मे संस्थापन करना चाहिये; और पूर्ब्बवत् उ-
सपर चिनाई करके उसे आगे बढ़ाते जाना चाहि-
ये, जबतक कि सारी महराव समाप्त हो। इस
रीति से चाहे कितनीहि लम्बी सुरङ्ग हो एकछो-
टे से उपरूपक की सहायता से बन सकती है।
जब किसी नई सड़क पर समान पाट वाली
बहुत सी सुरङ्गें बनानी हों तो इसप्रकार दो
तीन उपरूपकों का बना रखना बड़ा उपकारी
होगा। परन्तु जहां लकड़ी महंगी हो और ब-
ढ़ई दुर्लभ, वहां मट्टी का ठोस उपरूपक भी
काम दे सकता है, पर मट्टीको भले प्रकार कू-
ट कूट कर भरना चाहिये ताकि वह सुरङ्ग के
दबावसे बैठ न जाय। सुरङ्ग के, अथवा उसके

एक अंशके समाप्त होने से इस प्रकार उपरूप-
क को खोद कर निकालते हैं।

७९। बड़े पाट वाली महराबों के निमित्त इस
देशमे जो उपरूपक व्यवहृत होता है उसके बना-
ने की रीति यह है; पाये के पास ईंट की दिवाल
वा उपस्तम्भों(१) की पंक्ति गारे से चिनकर, और इसी
प्रकार बीचमे भी दो वा अधिक उपस्तम्भ खो-
ली चिनकर उनके ऊपर आड़ी(२) दिवाल वा कैंते(३)-
ते लगाये जाते हैं; उनके ऊपर शाहतीर रखक-
र उन्हें आड़ी कड़ी वा पटाव से संयुक्त करते हैं,
पटाव के ऊपर गारेसे ईंट की चिनाई करके उस
के उपरितल को अर्धच्छेद के आकार मे बनाते
हैं, ऊपर मट्टीका पलस्तर करके ऊपर रेत छिड़
का देते हैं फेर दो एक दिवस उसे शुष्क होने दे-
ते हैं, इस प्रकार से जब उपरूपक समाप्त होजा-
ता है, तब उसपर महराब की चिनाई आरम्भ
करते हैं। उपरूपक मे जो ईंटें लगती हैं वह
पीछे पक्की चिनाई के काम मे आजाती हैं। जि-
न नदियों मे अकस्मात पानी आजाने की सम्भाव-
ना है उनमे उपरूपक के उपस्तम्भों को पक्का बना-
ना चाहिये अथवा भीतर गारे की चिनाई करके

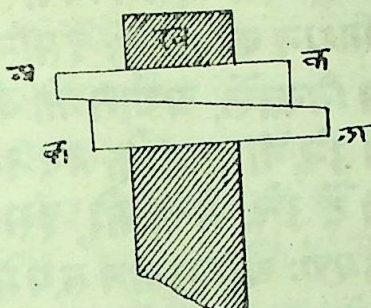
(1) Pillars (2) Transverse (3) wall-plates

बाहर चूने की लीप कर देनी चाहिये, नहिं तो स-न्धियों में जल के प्रवेश से गारा नरम होजायगा और ऊपर के बोझ से उपरूपक बैठ जायगा जिस से महराब तड़क जायगी।

८०। जब पाट २० फुट से अधिक हो, तब नि-म्नलिखित प्रकार उपरूपक उसके योग्य होगा। पूर्वोक्त प्रकार उपलम्भ श्रेणि बनाकर उनके ऊ-पर विबन्धन(१)-काष्ठ वा शहतीर रखना चाहिये, इनके ऊपर चार पांच खड़ी लकड़ी जिसे (२) डौंड़-राज कहते हैं खड़ी करके तड़पारि (३) खण्ड-काष्ठ को जड़ना चाहिये, और इन सबों की पकड़ के लिये खण्ड के अनेक स्थानों से डौंड़-राज तक ठेकीयें लगानी चाहियें; और खण्ड-जिस से किसी एक पा-र्श्व को न झुके इसलिये आड़ी ठेकीयें भी लगा-नी चाहियें, इनके ऊपर आवश्यकतानुसार औ-र लघुकाष्ठ खाड़ लगाकर पटाव डालना चाहि-ये जिस से यह उपरूपक महराब की चिनाई के योग्य होजाय।

८१। उपरूपक के निकालने के लिये दिवा-ल वा कनेवे के नीचे (४) पच्चर लगानी चाहिये। यथा;

(१) Tie beams (२) King post (३) Ribs
(४) Wedges

(चित्र १९)

चित्र १९ में स्पष्ट होगा कि यह पच्चर दोहरी होती है; अतएव छोटे सिरे ग ग की ओर यदि चोट लगावें तो क क रेखा नीची होजायगी और उसके साथ कनेवा ख और उसके ऊपर का बोझ भी ढीला होजायगा। पच्चरें तीन तीन लगानी चाहियें; बीच की पच्चर तो ठीक बोझ के नीचे हो, और दो उसके दोनों ओर समान अन्तर पर। पहिले बीच वाली पच्चर को निकालने से पार्श्व की दो पच्चरों पर बोझ टिकेगा और उन पर उसका समान भारप-ड़ेगा; फेर बीच की पच्चर को कुछ ढीली सी लगा कर पार्श्व की पच्चरों को निकाल लेना चाहिये और बोझ बीच की पच्चर पर ठैरेगा; इस रीति से उपरू एक क्रमशः नीचा होकर निकल आवेगा, और

कुछ जोखों न होगी। प्रत्येक उपस्तम्भ की पच्चरें समानरूप से और एक कालमें निकलनी चाहियें, परन्तु यह साधन कठिन है; इसलिये पच्चरोंको यदि क्रमः से निकालें, अर्थात् जो बीचकी रेखा मे हैं पहिले उन्हे नीचा करके तदनन्तर जो पास की दो रेखामे हैं उन्हे नीचा करे, इस प्रकारसे उत्थान तक क्रमशः और समान रूपसे नीचा करने चलेजांय तो उपरूपक के निकालने का कार्य सम्यक् प्रकार सम्पन्न होसकता है। उपरूपक निकालने केलिये जिसमे मनुष्यों को महराब के नीचे न भेजना पड़े, इसलिये पच्चरों को शहतीरों के साथ इस प्रकार से संयुक्त करनाचाहिये कि वे दोनों ओर महराब के बाहेर निकले हुए हों ताकि उनपर भीतर की ओर चोट लगाने से जितने उपरूपक के संस्थान उसपर हों सब नीचे होजावें। जो उपरूपक कि महराब के उत्थान के यासद्दि सम्पूर्ण टिके हुए हैं, उनके निमित्त केवल चार शहतीरों की (अर्थात् हर ओर दो शहतीरों की) आवश्यकता होगी। जो उपरूपक कि उपस्तम्भों पर हों उनके निमित्त प्रत्येक उपस्तम्भ श्रेणीमे, कतेवे ओर संस्थानों के बीचदो

शहतीरों की आवश्यकता होगी। छोटी मेहराबों मे मोंगरी[1] से इन शहतीरों को भीतर की ओर ठोक सकते हैं, पर बड़ी मेहराबों मे भित्ति-आघातयन्त्र[2] द्वारा शहतीर अच्छा ठुक सकता है। पच्चरों को दृढ़ काष्ठ से बनाना चाहिये, और ऊपर का शहतीर भी दृढ़ काष्ठ का और चिकना होना चाहिये। पच्चर को जैसी तैसी बनाकर यदि उसके ऊपर असमतल काष्ठ लगा दिया जाय तो उसका सरकाना अत्यन्त कठिन होजाता है। अतएव पच्चर और शहतीर के बीच से धूल मट्टी प्रभृति को सम्यक् रूप परिष्कार करके, उसमे तेल देलेना चाहिये, और शहतीरों का जो पार्श्व पच्चर से स्पृष्ट हो उसे दृढ़ काष्ठ का और चिकना बनाना चाहिये। रुड़की के पुल के उपरूपक को नीचा करने के लिये जो उपाय अवलम्बित हुआ था वह और भी अच्छा है। इसमे तेहरी पच्चर लगी थी; प्रथम बीच की पच्चर को निकालने से उपरूपक जहां का तहां रहा है, फेर उस पच्चर के स्थान मे भारोत्तोलक[3] पेच लगा कर बाहर की पच्चर को निकाल लिया, तब सारा बोझ उस पेच पर ही टिका रहा; फेर

(१) Mallet (२) Battering ram
(३) Jack screw

पेचमे अच्छी तरह तेल लगाकर लोहे के लम्बे उ-
त्तोलन दण्ड से उसे घुमाया, इसरीति से पेसे धी-
रे२ उपरूपक नीचे किया गया कि उसकी गति दृ-
ष्ट भी नहि होतीथी। जैसे शहतीर के साथ पत्थर
को महराव के बाहेर से ठोकते हैं, वैसेहि एक
पंक्ति में पेचों को परस्पर संयुक्त करके महराव
के बाहेर से उन्हे घुमा सकते हैं। उपरूपक यदि
अच्छे हों और महराव की चिनाई भी यथा रीति
और अच्छी हुई हो तो चाहे वह कैसीहि बड़ी औ-
र भारी हो, उपरूपक निकालने के समय उसके
नीचे खड़े होनेमे कुछ भय नहि। अथ प्रायशः
साधारण छोटी चिनाई की महराव वा उपरूपक
मे जो ईंट और गारे से बनी हो होताहै, अतएव
इनमे पच्चरों को सर्व्वदा बाहेर से निकालना चा-
हिये। कभी२ पच्चरों को ठीक पटाव के नीचे ल-
गा देते हैं इस रीति से इनकी संख्या अधिक हो-
ती है अतएव प्रत्येक पर बोझ थोड़ा पड़ता है
और उसका सरकना सुगम और ठीक होता है,
यहांतक कि इस से उपरूपक का एक एक भा-
ग पृथक२ नीचा हो सकता है, और महराव मे
जो किसी प्रकार आकस्मिक वैरूप्य वा विकृति

होगई हो वह भी कभीः इस उपाय से सुधर जा सकती है।

८२। जो कि पतद्देशीय नदीयें बरस में कुछ महीने प्रायः शुष्क रहती हैं, इसलिये उपरूपक का बनाना यहां सुकर होजाता है, क्योंकि बीच में अस्थायी उपस्तम्भ प्रायशः बन सकते हैं। परन्तु नदीमें यदि पानी गहरा हो और बीच में उपस्तम्भ न बन सकें तो पाये की कारसी पर वा उसके पास जो कड़ियें गाड़ी जाती हैं उन पर उपरूपक बनाना पड़ता है; ऐसे उपरूपकों में व्यय बहुत होता है, और इनके बनाने में भी बड़ा कौशल और कारीगरी चाहिये; यह मुख्य उद्देश्य दृष्टिगोचर रखना होता है कि शहतीर और काष्ठ इस प्रकार से लगाये जावें कि विभिन्न बोझ से जो उनके ऊपर पड़ने वाला है संस्थान के आकार में कुछ भी अन्तर न पड़े; सो महराब जितना बड़ा होता है उतनाहि उसके इस प्रकार के उपरूपक बनाने में कठिनता होती है। इस देश में ऐसे उपरूपक के बनाने की आवश्यकता अत्यल्प होती है; और नदीगर्भ में उपस्तम्भ बनाकर उसके ऊपर छोटे कोण की

ठेकीयों पर उपरूपक के अङ्गों को निश्चित करने से यह कार्य्य सुकर अथच दृढ़ होता है। खुले उपरूपक के (अर्थात् जिसके बीच में उपस्तम्भ न हों) बनाने की आवश्यकता दो स्थलों में होती है, एक तो जहां उसके नीचे से नाव बेड़े प्रभृति के निकास की आवश्यकता हो, दूसरे जहां नित्य गहरा जल रहता हो क्योंकि वहां बीच में उपस्तम्भ बनाने का व्यय संस्थान वाले उपरूपक से अधिक होता है।

८३। महराब की समाप्ति (अर्थात् ताली लग जाने) और उपरूपक के खोलने में कितने दिनों का अन्तर चाहिये इस विषय में भिन्न २ निर्म्माताओं का भिन्न २ मत है, पर इस बात में साधारण रूप से सब की एकता है कि महराब के समाप्त होतेहि, सिरे की पच्चरों से उपरूपक को कुछ थोड़ा सा ढीला कर देना चाहिये ताकि ईंटों का परस्पर सन्निकर्ष अधिक हो और चूना मसाला उनके बीच में भिंच कर अच्छी पकड़ करे। ललाट, कन्धर, और मुंडेर के बनाने के पहिले उपरूपक को कुछ थोड़ा सा ढीला करने की आवश्यकता इसलिये भी है कि महराब के बैठने से

उसके आकार मे यत्किञ्चित अन्तर, पर ऐसा जिस-
से उसके बलमे कुछ लाघव न हो, पड़हि जाता
है, सो ललाट प्रभृति दिवालों की चिनाई के पी-
छे उपरूपक को ढीला करें तो उनमे महराब के
बैठने से कदाकार दराड़ें आजाती हैं, पर उनकी
चिनाई के पहिले उपरूपक को ढीला करने से
(महराब जो पहिलेहि बैठ जाता है इसलिये)
उन मे दराड़ें नहि आने पातीं। ऐसा भी अनेक
दा देखा गया है कि महराब की ताली लगतेहि
उसके उपरूपक को निकाल लिया है, और उससे
यद्यपि महराब के आकार मे कुछ थोड़ा सा अ-
न्तर आया है पर किसी प्रकार की हानि नहि हुई;
और बहुधा ऐसा हुआ है कि उपरूपक को एक
दो से लेकर छय महीने तक लगा रहने दिया है,
और यद्यपि इतने दिन पीछे उनके खोलने से
महराब बैठी नहि (अर्थात उसके आकार मे कु-
छ अन्तर नहि आया, पर उनके ऊपर दिवाल प्र-
भृति की चिनाई का बोझ पड़ने से वह कभी २ बैठ
गई है। यह बात स्पष्ट है कि चूना मसाला गीला
और नाम रहते, यदि महराब के आकार मे कु-
छ अन्तर आवे तो उसके बलमे इतनी हानि नहि

होती जितनी कि चूना के दृढ़ और शुष्क होजाने के पीछे महराव के बैठने से हानि होती है परंत जब ठोस उपरूपक के ऊपर बड़ी महराव बनाई जाती है, और वह उपरूपक जैसा चाहिये समान भाव से नीचा नहिं होसकता, तब उसके खोलने के पहिले महराव को कुछ बैठ लेने देना चाहिये; सिवाय इसके यह भी सम्भव है कि इसप्रकार उपरूपक बोझ से सक्लिन्चित हो जाय और उस के साथ महराव भी थोड़ी सी बैठ जाय।

८४। उपरूपक युक्त पुल और उपरूपक और पत्थर के इत्यक चित्र, पट ५, ६, ७, ८ मे ह्ष्ट होंगे।

काष्ठमय सेतु।

८५। इस देश मे भिन्न २ आकार के लकड़ी के पुलों का व्यवहार है, परन्तु अधिक व्यय करने की सामर्थ्य वा इच्छा होने से इनके स्थान मे स्थायी पुल (ईंट प्रभृति के) निर्मित होते हैं।

८६। स्तम्भ चाहे लकड़ी के हों चाहे ईंट वा पत्थर के; पर स्थायी पुल मे लकड़ी के स्तम्भ नहिं लगाने चाहियें क्योंकि कभी शुष्क कभी गीली

पट ५

चिनाई का पुल

पट ९

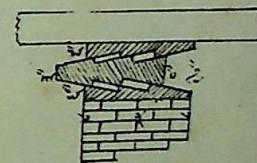
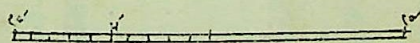
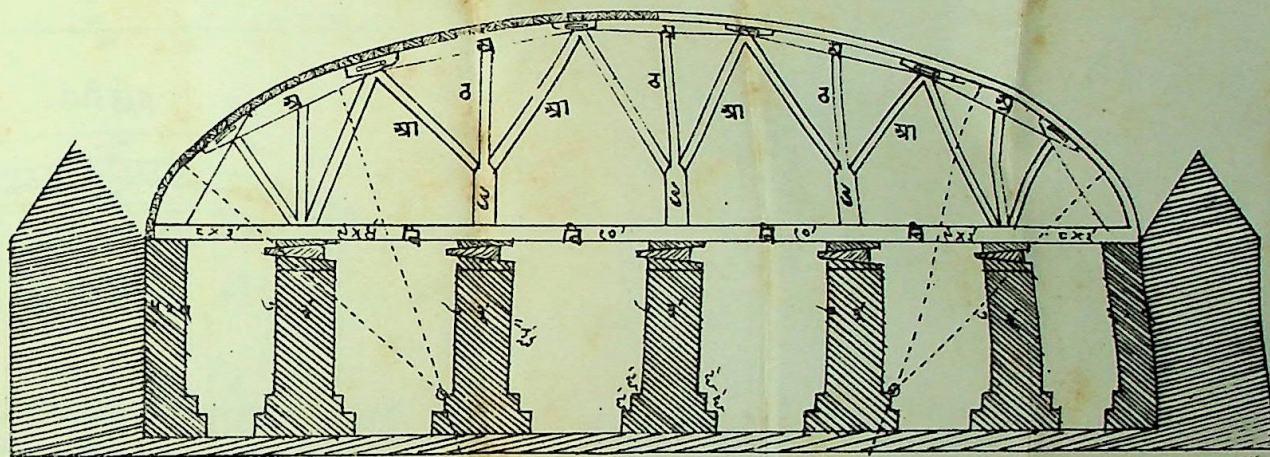
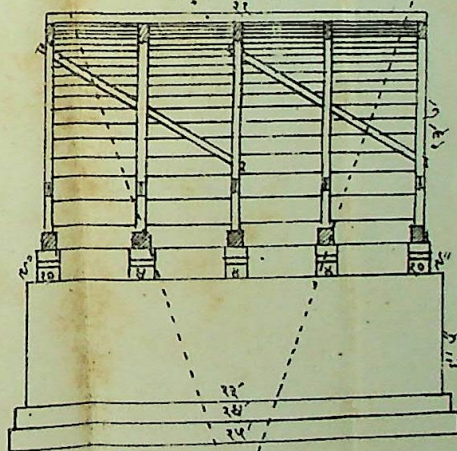
चेश्टर का पुल

चित्र ३५ रूपक (ऊपर) का गङ्गा की नहर के बड़े पुल के लिये

चौड़ाई ४५ फ़ुट, ऊँचाई १२ फ़ुट
आड़ा परिच्छेद

पैमानः पत्थर का १ इञ्च में ५ फ़ुट

पैमानः १ इञ्च में १० फ़ुट

अ अ = अङ्कु
उ उ = उएउ राज
वि वि = विवन्धन काष्ठ ६"×६"
ठ ठ = ठेकी ६"×६"
आ आ = आड़ी ठेकी ६"×६"
नलता ३"×३"

चित्र ३१ रूपक (ठाट) का गङ्गाकी नहरके बड़े पुलके लिये

चौड़ाई ५५ फ़ुट, ऊँचाई १२ फ़ुट
आड़ा परिच्छेद

पैमानः पत्थरका १ इन्चमें ५ फ़ुट

पैमानः १ इन्चमें १० फ़ुट

अ अ = अर्द्ध
उ उ = उएड राज
वि वि = विवन्धन काष्ठ ९"×९"
ठ ठ = ठेकी ६"×६"
आ आ = आड़ी ठेकी ६"×६"
तख़्ता ३"×२"

पट्ट ८

उपरूपक
पड़ाचित्र

परिच्छेद

उपरूपक
पड़ाचित्र

परिच्छेद

चिनाई के द्वार

उपरि
तल

पृथिवीका

स्वाभाविक भूमि

उपरि
तल

पृथिवीका

स्वाभाविक भूमि

रहने से लकड़ी शीघ्र गल जाती है और उसका सं-
स्कार करना भी कठिन होता है। सिवाय इसके य-
दि ईंट पत्थर के खम्भ बनाये जांय तो उनके ऊप-
र इच्छा हो तो पीछे लोहे का पुल भी बन सकता
है। तथापि लकड़ी के खम्भ के दो एक नमूने यहां
दिये जाते हैं (पट ८ देखो) जिनकी बनावट चि-
त्र के देखने से हि समझ मे आजायगी।

८७। लकड़ी की महराबों के बनाने की इस
देश मे रीति नहि सो उनका यहां वर्णन भी अना-
वश्यक है। वस्तुतः लकड़ी की महराब का बना-
ना बड़ा खटराग है, और उसमे बहुत से टुकड़े
जोड़ने पड़ते हैं इसलिये उसमे व्यय अधिक हो-
ता है और उसके टूट जाने और लय प्राप्त होने का
भी बड़ा भय रहता है। जालकर्म(१) विशिष्ट अधि-
कांश पुल भी ऐसेहि होते हैं। वस्तुतः काष्ठ सं-
स्थान मे लकड़ी के टुकड़े जितने अल्प हों और
बनावट जितनी सीधी हो उतनाहि अच्छा है;
और जहां लोहा सुलभ हो वहां, केवल काष्ठ
लगाने से, लोहे और काष्ठ दोनों को मिलाकर
लगाना बहुत अच्छा है।

८८। उन पाषाण-स्तम्भों की मोटाई जिनपर लक

(१) Lattice work

ड़ी का शहतीर वाला संस्थान ठहरे, महराब दार पुलकी अपेक्षा, बहुत अल्प होसकती है, क्योंकि उस मे पड़ा धक्का नहि लगता। सो पार्श्व-स्तम्भ की इतनी मोटाईहि बहुत है जिसपर संस्थान काष्ठ का सिरा ठहरा सके, जिसकेलिये ३ फुट से ५ फुट तक आवश्यकता होती है, और जो उंचाई के सम्बन्ध से उचित समझी जाय ताकि दिवाल (सारे बोझ के) बीच से टेढ़ी न होजाय, पतलीसिरा उंचाई के दशमांश से लेकर पञ्च दशांशतक ऊपर के सिरे पर, और सलामी से नीचे की ओर १२ फुट से १ फुट अधिक हो तो यथेष्ट है।

८९। ऊर्द्धगठन(१) – लकड़ी के पुल के संस्थान का आकार इन कई बातों पर निर्भर करता है, यथा, पाटपर, लम्ब काष्ठ की लम्बाई और प्रकार पर, और कारीगरों के चातुर्य पर। पाट जितना लम्बा होगा संस्थान भी उतनाहि अधिक (अर्थात् अलकेड़े का) होगा। इस देश मे लकड़ी के पुलकेलिये बड़े से बड़े पाट की सीमा ९० फुट समझनी चाहिये, क्योंकि इससे बड़े पाट की आवश्यकता बहुत कम होती है। सीधे और

(१) Superstructure

सर्व्व सम्मत तीन नमूने यहां दिये गये हैं (पट ९, १०, ११ देखो) इससे अधिक देखने की इच्छा हो तो राय कन्हैया लाल जी कृत काष्ठ-सेतु विषयक पुस्तक में दृष्ट होंगे।

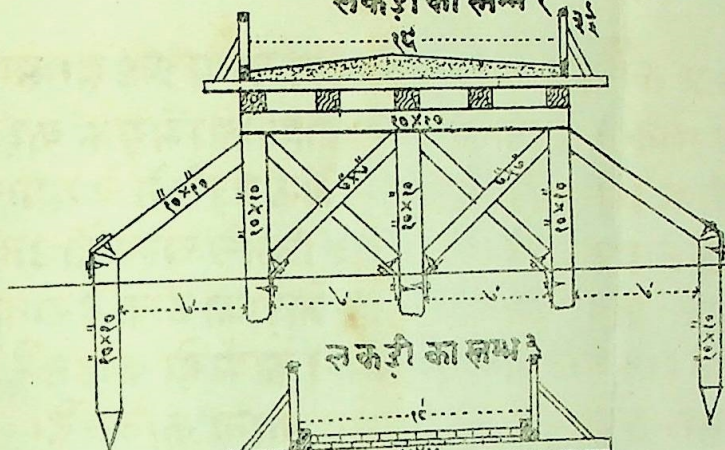
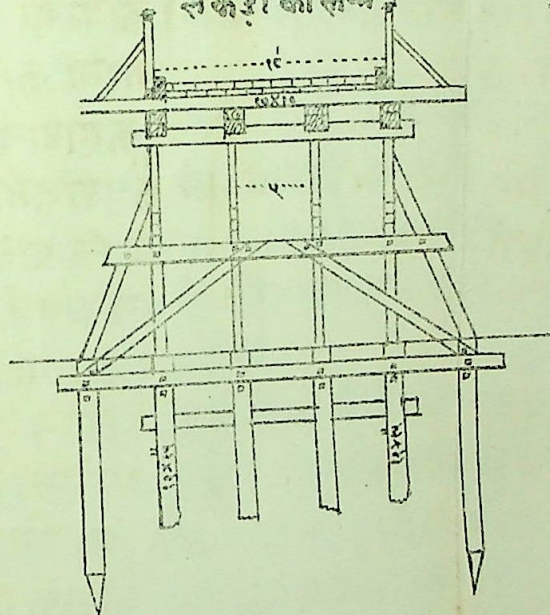
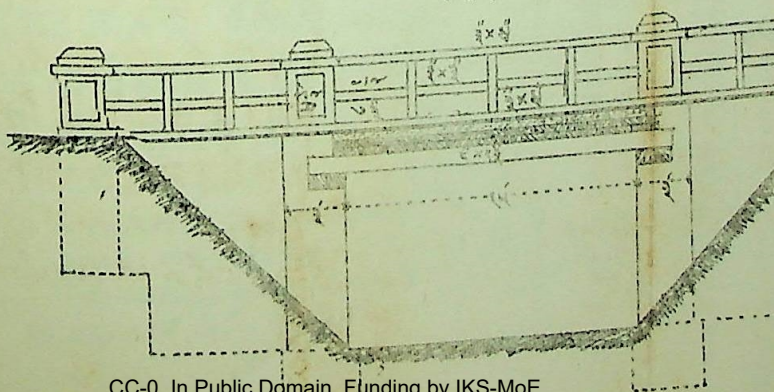
२०। सड़क की चौड़ाई यातायात पर निर्भर करती है जैसे और पुलों में। आड़े शहतीर चाहे लम्बे शहतीर वाले संस्थान के ऊपर रक्खे हों चाहे नीचे, पर शेषोक्त से यह विशेष उपकार है कि संस्थान दोनों ओर के कठेरे का काम भी देते हैं पर इस प्रकार से केवल दो संस्थान लग सकते हैं। सड़क की चौड़ाई यदि इतनी अधिक हो कि उसमें दो से अधिक संस्थान की आवश्यकता हो तो आड़ी शहतीरों को उनके शिरपर लगाना चाहिये; इससे संस्थान में अधिक दृढ़ता होती है और नीचे उसके आड़े बन्द भी लग सकते हैं।

२१। संस्थान जितने दृढ़ हो सकें उतना ही अच्छा है, पर सड़क के आड़े शहतीर और अन्य काष्ठ जहां तक हो सके हल्के रखने चाहियें अर्थात् जितना बोझ उन्हें उठाना है उसी के योग्य भारी हों उससे अधिक नहिं, क्योंकि उनका बोझ

उनके आधार रूप संस्थान पर पड़ता है। संस्थान के काष्ठ खण्डों को त्रिकोणाकार संयुक्त करना चाहिये ताकि असमान बोझ पड़ने से वे रूपान्तरापन्न न हों। और जोड़ जितने अल्प हों उतने हि अच्छे, क्योंकि एक तो जोड़ों का ठीक बैठाना जिस से सारे भागों पर समान कार्य्य हो कठिन है, दूसरे उनके क्षय का निवारण करना कठिन है।

९२। जालाकृति[1] वा कर्णावर्त[2] संस्थान के ऊपर और नीचे के यौगिक[3] शहतीरों को इसप्रकार से संयुक्त करना चाहिये कि पाट के मध्य में जोड़ न आवें क्योंकि वहां उन शहतीरों पर अधिकतम भार पड़ता है। और इन यौगिक शहतीरों की कड़ियों के बीच में जो स्थान रहजाता है उसे सरौल[4] कागज़ के रद्दे से भर देना चाहिये ताकि उसके भीतर सर्दी (क्लेद) का प्रवेश न हो।

९३। स्थायी काष्ठमय सेतु के निमित्त जो लकड़ी ग्रहण की जाय वह अच्छी शुष्क और दृढ़िष्ठ होनी चाहिये। लकड़ी यदि महंगी हो तो उत्कृष्ट लकड़ी को संस्थान और शहतीरों के निमित्त रखना चाहिये और निकृष्ट को तख्ते और कठेरे अर्थात् जंगले[5] के निमित्त।

(1) Lattice (2) Trellis (3) Chords (4) Tarred
(5) Railing

लकड़ी के पुल
लकड़ी का खम्भ १
लकड़ी का खम्भ २
चित्र १

९४। काष्ठ यदि रासायनिक[1] द्रव्यों मे निमज्जित न हो[2] तो उसे या तो रङ्ग देना चाहिये, या उस पर चीड़ का तेल (जिसे तार कहते हैं) लगा देना चाहिये। लकड़ी के पुल को समय २ मे समीक्षण करना चाहिये; कहीं क्षय का चिह्न दृष्ट हो अथवा कोई भाग उसका सदोष हो तो उसका तुरन्त संस्कार कर देना चाहिये।

९५। चित्रोंका वर्णन- पट ९, १०, ११ मे काष्ठ खण्डों की जितनी चौड़ाई और मोटाई प्रदर्शित हुई है, वह देवदारु काष्ठ के निमित्त है; उनके निरूपण की रीति इस काष्ठ के और अन्यान्य काष्ठ के निमित्त आगे प्रदर्शित होगी।

पट ९ चित्र ३ यह बहुत सीधा और स्पष्ट नमूना एक लकड़ी के पुलका है जिसके पार्श्वस्तम्भ चिनाई के हैं और एक दूसरे से १५ फुट के अन्तर पर हैं। दिवाल पर जैसे छत के शहतीर रक्खे जाते हैं, वैसेहि इसमे भी कई शहतीर एक पार्श्वस्तम्भ से दूसरे पार्श्वस्तम्भ पर रक्खे हुए हैं और कैंतेके[2] ऊपर मे लोहे की लम्बी कीलोंसे

---

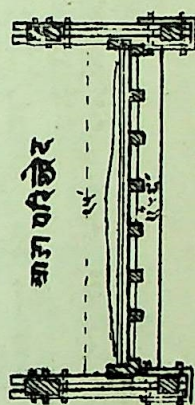
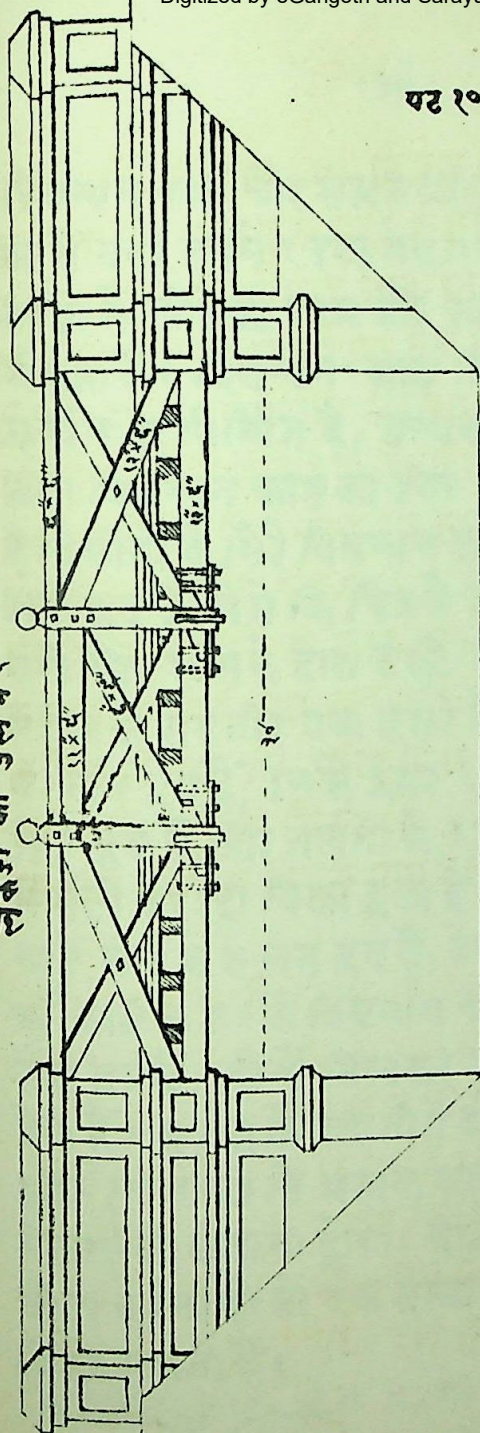
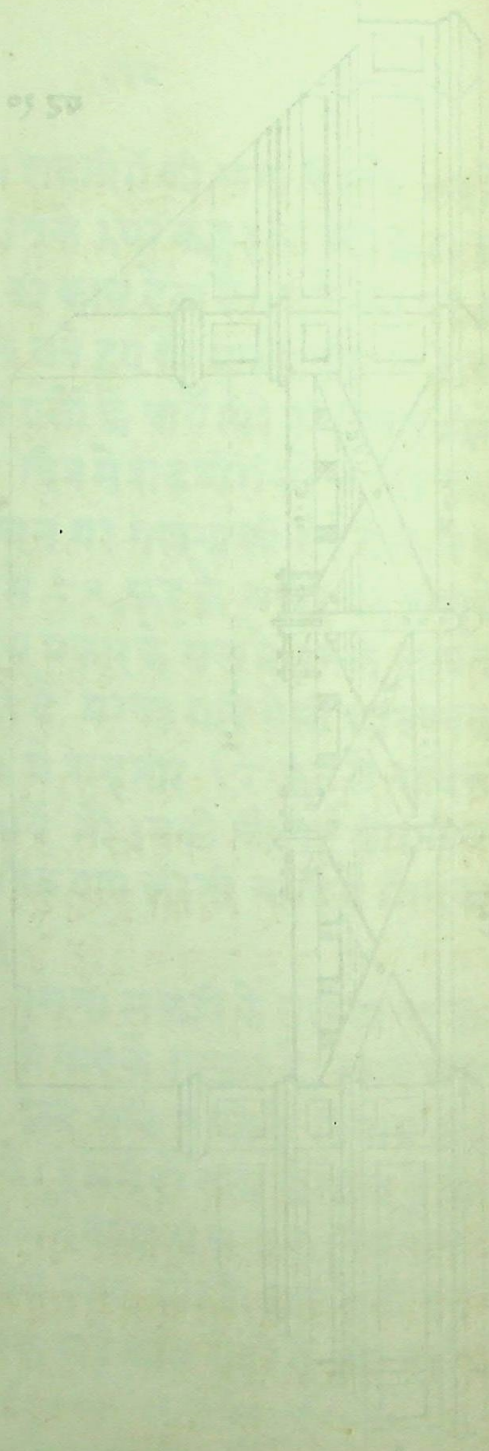
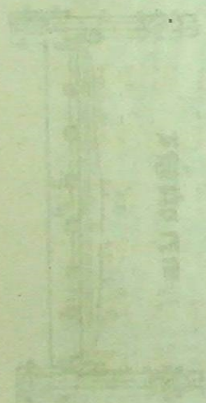
(१) Chemical (२) कीड़ा, अग्नि वा क्षयसे विनष्ट न
हो इस निमित्त विविध रासायिनिक मिश्रित द्रव्यों मे काष्ठ को निमज्जित
करते हैं। यथा; १ सेर राल, १ छटांक संखिया, और एक सेर तेलको भली
भांति उबाल कर लकड़ी मे लगाने से, वह बहुत काल संरक्षित होती है

(२) Wall plates

जड़े हुए हैं। इन शहतीरों की लम्ब दिशामें तख़ने जड़े हुए हैं और उनके ऊपर कङ्कर का रद्दा कुटा हुआ है जो सड़क का काम देता है। खड़े और पड़े काष्ठ खण्डों से जङ्गले बने हुए हैं; और पार्श्वस्तम्भ के चारों कोनों पर और पत्तों के चारों सिरे पर किनारे किये हुए उपस्तम्भ हैं। चित्र में शहतीरों की चौड़ाई और मोटाई इस अनुमान पर गणना की गई है कि वे एक दूसरे के मध्य से १.५ फ़ुट के अन्तर पर लगाये गये हैं जो कि इस प्रकार के पुल में उनके लगाने की प्रचलित रीति है, परन्तु यदि ऐसी आवश्यकता वा इच्छा हो कि ये शहतीर १.२ फ़ुट से अधिक अन्तर पर रक्खे जावें, तो उनकी चौड़ाई और मोटाई उस गणना से निरूपण करनी चाहिये जिसका वर्णन आगे होगा।

प्लेट १०। यह नमूना लकड़ी के पुल का ३० फ़ुट से ४० फ़ुट तक के पाट के उपयुक्त है; इसमें शहतीर अनधिक १२ फ़ुट लम्बे लगाने हैं सिवाय सड़क के शहतीरों के। इसमें दो काष्ठ संस्थान हैं और प्रत्येक में एक संभरन[1] काष्ठ अग्र, एक विवन्धन[2] काष्ठ कक, दो टेकीये[3] खख, और दो उपराजी[4] गग हैं। उपराजी नामक खड़े काष्ठ दोहरे हैं और जहां

(१) Straining beam (२) Tie beam
(३) Struts (४) Queen posts

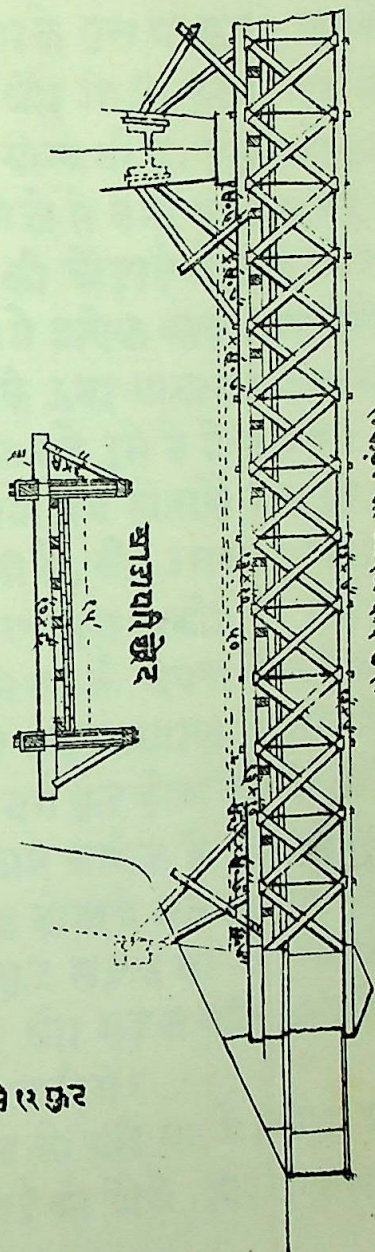
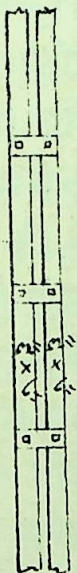
पट १०
लकड़ी का पुल नं० २
आड़ा परिच्छेद

विबन्धन काष्ठ और संभरन काष्ठ से इनका योग हु-
आ है वहां इनमे १ इन्च गहरा छिद्र है, और उक्त
काष्ठों मे लोहे की शाम और काबले के द्वारा ये
संयुक्त हैं। विबन्धन-काष्ठ तीन काष्ठ खण्डों के
ग्रन्थन[1] से निर्मित है; ग्रन्थन उस स्थान मे है
जहां विबन्धन काष्ठ का उण्ड-राती से योग हुआ
है। ठेकीयों के सिरे विबन्धन काष्ठ से इस रीति से
जड़े हुए हैं जैसे कि चित्र मे दृष्ट होगा, और का-
बले और शाम के द्वारा दृढ़ी-भूत किये गये हैं।
सड़क के शहतीर एक दूसरे से दो फुट के अन्तर
पर लगे हुए हैं; उनके ऊपर ३ इन्च मोटे तख़्ते
जड़े हुए हैं, और तख़्तों के ऊपर सड़क के निमि-
त मट्टी का रद्दा बिछा हुआ है। ठेकीयों के ऊपर
आड़े[2] बेन्द जड़ लगे हुए हैं; ठेकी, बन्द और मस्त-
क[3]-काष्ठ ऊ.ऊ. (जो विबन्धन काष्ठ के समानान्तर
लगे हुए हैं) तीनों मिलकर जङ्गले का काम भी
देते हैं। सड़क के शहतीरों को यदि संस्थान के
ऊपर रखना हो तो मस्तक काष्ठ की चौड़ाई और
मोटाई को बढ़ाना होगा। और सड़क को अधिक
चौड़ा करना हो तो एक संस्थान और लगा देने से
सिद्ध हो सकता है।

(1) Scarf joint (2) Crossbraces
(3) Cap[illegible]

पट ११। यह नमूना एक जालकर्म्मे विशिष्ट पुलका है जिसके पार्श्व-स्तम्भ और मध्यस्तम्भ चिनाई के हैं; स्तम्भोंका अन्तर अर्थात् पाट ५० फ़ुटका है। इसमें दो संस्थान हैं; प्रत्येक संस्थानमें दो यौगिक शहतीर् अअ और कक हैं जो ठेकी खख द्वारा परस्पर संयुक्त हैं। ये ठेकीयें कठिन काष्ठ पिण्ड पर टिकी हुई हैं, और वह कठिन काष्ठ पिण्ड यौगिक शहतीरों में १०५ इञ्च प्रविष्ट हैं, और ये सब लोहे के विबन्धन हुए औ र पेचदार-ढिबरी[1] से दृढ़ीभूत किये गये हैं। ऊपरले और निचले यौगिक शहतीर की बनावट चित्र में दृष्ट होगी। स्तम्भों के निकट संस्थान भाग को ठेकियों का भी सहारा है, इन ठेकियों का निचला सिरा शहतीर् थ कनेबे पर टिका हुआ है और कनेबा स्तम्भों में चिना हुआ है। सड़क के शहतीर निचले यौगिक शहतीर अअ पर रक्खे हुए हैं। सड़क के एक एक शहतीर को बीचमें छोड़कर हर दूसरे शहतीर का सिरा संस्थान की बाहर की नोक से ३ फ़ुट बढ़ा हुआ है। इन शहतीरों में थोड़ासा ढोका लगाकर उनके ऊपर चौकों से कड़ी जड़ी हुई हैं और कड़ीयों के

(१) Screw nuts

पट ११

पैमाना १ इञ्च मे १२ फ़ुट

ऊपर नरखने। इसप्रकार के पुल ६० फ़ुट के पाट के लिये बहुत अच्छे हैं, और जो कि इतना पाट लौह पत्र के शहतीर के योग्य भी है, इसलिये इस पुल में इच्छा हो तो पीछे से वे भी पड़ सकते हैं।

९६। काष्ठखण्डों की चौड़ाई मोटाई की गणना। लकड़ी के पुल में प्रत्येक काष्ठखण्ड ऐसे लगने चाहियें कि उनके ऊपर यातायात द्वारा जो अधिक से अधिक बोझ पड़े उसे वे झेल सकें। पुल पर अधिकतम बोझ तब होता है जब उसपर मनुष्यों की भीड़ होती है; और उसका परिमाण प्रति वर्ग फ़ुट प्राय १२० पौण्ड अर्थात् १॥ मन होता है; पुल के मसाले का जो अपना बोझ है वह इसके सिवाय है और यह साधारण संस्थान में प्राय ८० पौण्ड प्रति वर्ग फ़ुट होता है, और जिन पुलों में लकड़ी का काम अधिक है उनमें प्रति वर्ग फ़ुट १०० पौण्ड तक होता है अतएव गणना में सारा बोझ प्रति वर्ग फ़ुट सड़क पर २२० पौण्ड से न्यून न लेना चाहिये, और सड़क यदि पक्की हो तो ३०० पौण्ड लेना चाहिये।

९७। पुल के पाट को यदि पा॰ से निर्देश करें और सड़क की चौड़ाई को चौ॰से, और पुलपास-

ड़क यदि पक्की हो तो प्रत्येक बारिहार पर पुलके बोझ की समष्टि होगी = पा × चौ × ३०० पौण्ड, और संस्थान वा शहतीर की संख्याको यदि स से निर्देश करें तो प्रत्येक संस्थान पर इसका $\frac{१}{स}$ वां अंश पड़ेगा, अतएव यह बोझ यदि मध्यमे प्रयुक्त हो तो $\frac{३०० \text{ पा चौ}}{२स}$ होगा। इस बोझको यदि ब कहें, और शहतीर की चौड़ाई और गहराई को यथाक्रम च॰ ग॰ और पायों के बीच मे लम्बाई को ल॰ तो निम्नलिखित समीकरण से शहतीरकी चौड़ाई गहराई और बोझ का सम्बन्ध ज्ञात होगा-

$$\frac{\text{चग}^2 \times \text{आ}}{५\text{ल}} = \text{ब}$$

यहां आ एक नित्य अङ्क है जो परीक्षा से ज्ञात होता है और "शहतीर के आड़े बल का विशेषण"[१] कहलाता है।

इस समीकरण की राशि आवापसे -

$$\text{चग}^2 = \frac{\text{ब} \times ५ \times \text{ल}}{\text{आ}} \quad \text{होता है}$$

परन्तु च॰ और ग॰ के स्वस्व मुल्य निर्धारण के निमित्त आवश्यक है कि उनमे परस्पर क्या सम्बन्ध है यह पहिले जाना जाय। सो हम शहतीर की

[१] Co-efficient of the transverse strength of beams

चौड़ाई का उसकी गहराई से वह सम्बन्ध समझेंगे जो कि वर्ग क्षेत्र का भुज अपने कर्ण से रखता है, अर्थात् च : ग :: १ : √२ (छत और पुलों के निर्माण में शहतीर की चौड़ाई और गहराई का यही अनुपात सम्बन्ध लिया जाता है) इससे चग²

$= \frac{ग}{\sqrt{२}} \times ग^२ = \frac{ग^३}{\sqrt{२}} = \frac{व \times ५ \times ल}{श्रा}$, अथवा $ग^३ = \frac{व \times ल \times ८.०८}{श्रा}$

$\therefore ग = \sqrt[३]{\frac{व \times ल \times ८.०८}{श्रा}}$

इस समीकरण द्वारा ग का मूल्य निरूपण होजाने से शहतीर की चौड़ाई जानने के निमित्त ग को १.४१४ से केवल विभक्त करना है। उक्त गणना से जो चौड़ाई और गहराई निकले व्यवहार में उससे कुछ थोड़ासा अधिक रखना चाहिये ताकि काष्ठ की ग्रन्थि प्रभृति दोषों से गठन में हानि न हो।

उक्त नियम से केवल सड़क के शहतीर की चौड़ाई मोटाई की नहिं वाम्ब कड़ी प्रभृति अन्यान्य काष्ठ खण्डों की चौड़ाई मोटाई की भी (थोड़े दवाव निमित्तक) गणना हो सकती है। परन्तु व्यवहार में प्रधान काष्ठ खण्डों को हि (यथा शहतीर, कैंची, बन्द प्रभृति की) चौड़ाई मोटाई की गण-

ना होती है, कड़ी, तख़्ते, जङ्गले सम्पत्ति की चौड़ाई मोटाई पुल के आकार के अनुसार निर्धारित होती है। कड़ियों की चौड़ाई मोटाई प्रायशः ३ से ४ इञ्च वर्ग तक होती है, और एक के मध्य से दूसरे के मध्य का अन्तर ३ फ़ुट से अधिक कभी नहिं होना चाहिये। तख़्तों की मोटाई २ इञ्च से न्यून न होनी चाहिये; वरञ्च बड़े पुलों में तख़्तों के दो रद्द लगाकर उनमें कीलों को तिर्छा ठोक देना चाहिये। जङ्गले के टुकड़े ४ इञ्च से ६ इञ्च वर्ग तक होते हैं।

पट १ का पुल। इस पुल के शहतीरों की चौड़ाई मोटाई निरूपण करनी है। सड़क पक्की होगी, और उस की चौड़ाई १८ फ़ुट है।

यहां गणना के मूल[1] ये हैं – पाट वा पा= १५ फ़ुट = ल। सड़क की चौड़ाई वा चौ=१८ फ़ुट शहतीरों की संख्या स= १३ क्योंकि शहतीर एक दूसरे के मध्य में १ ½ फ़ुट के अन्तर पर रक्खे हुए हैं। सो-

$$ब= \frac{पा \times चौ \times ३००}{२ \times १३} = \frac{१५ \times १८ \times ३००}{२६}$$

= ३११५ पोण्ड। तेव

(1) data

$$ग = \sqrt[3]{\frac{ब \times १५ \times ८.०८}{३५०}}$$
$$= \sqrt[3]{\frac{३११५ \times १५ \times ८.०८}{३५०}}$$
$$= \sqrt[3]{९८१.९} = ९.९०४ \text{ इञ्च}$$

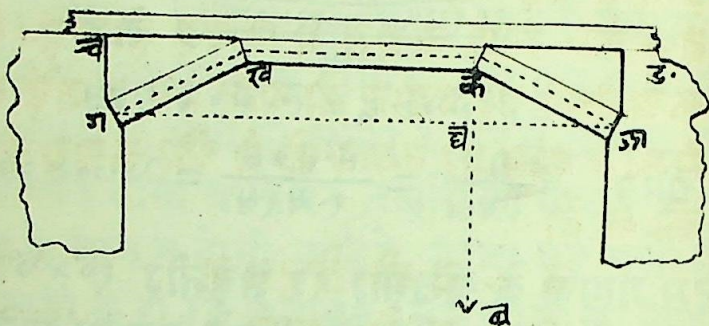
शहतीर यदि देवदारु काष्ठ के हों

$$\text{और ब} = \frac{ग}{१.२३४} = \frac{९.९०४}{१.२३४} = ८.००४ \text{ इञ्च}$$

इस गणना के अनुसार १२ शहतीर १०"×८" के अधिक से अधिक बोझ को जिसके पुल पर आने की सम्भावना है झेल सकेंगे। पर गठन की दृढ़ता के निमित्त हम पञ्चमांश अधिक कर देंगे, तो शहतीर १२" × ८ $\frac{१}{२}$" हुए, जो चिह्नाङ्कित चौड़ाई गहराई (च ग) के प्राय निकट है।

९८। अब ठेकी, बन्द, विकत्थन काष्ठ प्रभृति की (जिन पर लम्बाई की दिशा मे दबाव वा खेंच पड़ती है) चौड़ाई मोटाई के निकालने की रीति लिखते हैं।

कल्पना करो कि चित्र ८ मे अ क ख ग ए क संस्थान है जिसका संस्तन काष्ठ क ख है; औ र दो ठेकी अक और खग पार्श्वस्तम्भ च ग और ड अ पर टिकी हुई हैं; ड च एक शहतीर है जो संस्तन काष्ठ और पार्श्वस्तम्भों पर टिका हु-

(चित्र ८)

था है जिसके ऊपर सड़क की कड़ी और तख़्ते जड़े हुए हैं। लम्बाई ङ.क = खच यदि ल₁ से निर्दिष्ट हो, और कख, ल₂ से, तो क वा ख पर बोझ (जिसका कार्य्य खड़ी दिशा में है और जो चित्र में ब से निर्दिष्ट हुआ है) उस बोझ के जो ङ.क और कख अथवा चख और कख भागों पर समान रूप से फैला हुआ है, अर्द्ध के तुल्य है। और चौ० यदि सड़क की चौड़ाई का निर्देशक हो, और स० स्थानों की संख्या का, तो -

$$बो = \frac{\frac{१}{२}(ल_१ + ल_२) \times चौ \times ३००}{स}$$

$$= \frac{(ल_१ + ल_२)}{२स} \times चौ \times ३००$$

बोझ ब से कखग कास की दिशा मे जो दबाव पड़ता है वह ब × को॰ छेदन कखच, और ब × को॰ स्पर्श कखच से निर्दिष्ट होता है। और कख ठेकी पर दबाव को यदि हम ठ कहें, कख संभन काष्ठ पर दबाव को स और कखच कोण को क, तो

ठ = ब को॰ छेदन क ....(१)

स = ब को॰ स्पर्श क ....(२)

कख ठेकी वा संभन काष्ठ के (वर्ग इञ्चों मे) परिच्छेदमान को यदि प कहें, और जिस प्रकार काष्ठ से ये बने हैं उसके प्रति वर्ग इञ्च पर जितना बोझ, उसे किसी प्रकार हानि पहोंचाये विना, रक्खा जा सक्ता है उसे यदि फ कहें तो निम्नलिखित धृवे से पका मूल्य ज्ञात होगा।

ठेकी के निमित्त $प = \frac{ठ}{फ}$ ......(३)

संभन काष्ठ के निमित्त $प = \frac{स}{फ}$ ......(४)

ठेकी और संभन काष्ठ प्रभृति के जिन पर उनकी लम्बाई की दिशा मे दबाव पड़ता है, परिच्छेदको वर्गाकार रखना चाहिये, क्योंकि यह आकार ऐसे दबाव को आयता कार की अपेक्षा अच्छा रोक सक्ता है। उक्त नियमों से परिच्छेदमान निकालक-

२ उसका वर्ग मूल लेनेसेहि वर्गाकार परिछेदका भुज मिलेगा। फ का मूल्य, विद्वानोंने तत्वतः प्रति वर्ग इञ्च को भींच कर चूर्ण करने वाले बोझ की चौथाई के समान लिया है, पर व्यवहार मे दबाव की रेखा को शहतीर की मध्य रेखा से सम्पूर्ण एक ता करनी जो बहुत कठिन है इसलिये उक्त बोझ के द्वादशांश से अधिक किसी काष्ठ खण्ड पर रखना अनुचित समझा जाता है। एतद्देशीय काष्ठ को भींच कर तोड़ने के निमित्त कितना बोझ आवश्यक है इसकी परीक्षा अभी तक नहि हुई, इसलिये विभिन्न प्रकार भारतवर्षीय काष्ठ के निमित्त फ का मूल्य ठीक २ नहिं लिखा जासकता, पर देवदारु काष्ठ के निमित्त फ को प्रायः ८०० पौण्ड के समान लेसकते हैं। टेकी और संभत्त काष्ठ की चौड़ाई मोटाई गणना की उक्त रीति तभी तक उपयोगी होगी जबकि काष्ठ खण्ड की लम्बाई, मोटाई के अष्ट गुण से अधिक न हो, पर जब लम्बाई अष्ट गुण से अधिक हो, तब उक्त नियमों से जो परिछेदमान निकलेगा वह कुछ अल्प होगा और काष्ठ के मुड़ने की सम्भावना होगी। पर मोटाई के अष्टगुण से अधिक लम्बे काष्ठ के मुड़ने का

स्वभाव इसरीति से वारण होसकता है कि लम्बा-ई के बीच दो तीन स्थल मे संस्थानस्थ अन्यकाष्ठ के साथ उसे संयुक्त कर दिया जाय। इस उपायसे वह बीच मे मुड़ेगा नहि और अपने परिच्छेदमा-न के अनुसार पूरे बोझ को भी झेल सकेगा। नि-म्नलिखित समीकरणों से भी ठेकी वा बन्द का प-रिच्छेदमान निकलता है, जब कि लम्बाई मोटा-ई के अष्टगुण से अधिक हो -

लम्बाई मोटाई के अष्टगुणसे १२ गुण
तक हो तो .... प = द ÷ ५/६ फ

ल० - १२ से २४ गुणतक हो तो .... प = द ÷ १/२ फ

ल० - २४ से ३६ गुणतक हो तो .... प = द ÷ १/३ फ

ल० - ३६ से ४८ गुणतक हो तो .... प = द ÷ १/६ फ

ल० - ४८ से ६० गुणतक हो तो .... प = द ÷ १/१२ फ

ल० - ६० से ७२ गुणतक हो तो .... प = द ÷ १/२४ फ

इन समीकरणों मे प० काष्ठखण्ड के परिच्छेदमानके वर्ग इञ्चों का और द० दबाव का निदेशक है, और फ० अधिकतम बोझ है जो उस काष्ठ के, जिसकी व-ह ठेकी और समस्तनकाष्ठ बने हों, प्रतिवर्ग इञ्च पर बिना उसकी हानि किये रक्खा जा सकता है। ठेकी वा अन्य प्रभृति काष्ठ की, जो अपनी

लम्बाई की दिशा में खिंचते हैं, चौड़ाई मोटाई नि-
रूपण करने के निमित्त उक्त नियम और ध्रुव य-
थेष्ट होंगे। इसी प्रकार से विवन्धन उण्ड [1] और आ-
लम्बन काष्ठ की जिनमें उनकी लम्बाई की दिशा
में खेंच पड़ती है, चौड़ाई मोटाई निरूपित हो स-
कती है; क्योंकि विवन्धन उण्ड पर उसकी लम्बाई
की दिशा में उतनी हि खेंच पड़ती है जितना कि
लम्बन काष्ठ पर खींच वा दबाव पड़ता है और उ-
सका परिमाण उक्त गणना से हि जाना जा सकता
है, फेर उसका परिछेदमान इस ध्रुवे से निकले-
गा।

$$प = \frac{वि}{श}$$

जिसमें प वर्ग इञ्चों में परिछेद मान है, वि विव-
न्धन काष्ठ पर खेंच है, और श एक नित्य राशि
है जो उस काष्ठ के, जिससे विवन्धन उण्ड बना
हो, संक्षेप के बल के द्वादशांश के तुल्य है। वि-
वन्धन काष्ठ का परिछेद चाहे वर्गाकृति हो चा-
हे आयताकृति। यदि वर्ग हो तो उक्त नियम से
जो परिछेद मान निकले उसका वर्ग मूल निका-
लने से हि भुज ज्ञात होगा, और यदि आयत हो
तो चौड़ाई, टेकीयों की (जो उन पर टिकती हैं)

(1) Suspending pieces

चौड़ाई के तुल्य करनी चाहिये, और गहराई उक्त चौड़ाई से विभक्त परिच्छेद मान के तुल्य। अतएव पुल के जिस किसी काष्ठ खण्ड की चौड़ाई मोटाई निकालनी हो, उसपर दबाव कितना है पहिले यह निर्धारण करना चाहिये, और फेर यह कि दबाव खेंच का है या भींच का। दबाव के परिमाण को प्रकोष्ठस्थ अङ्क से (जो २६०।२६२ पत्रे में दिये गये हैं) विभक्त करने से परिच्छेद मान निकलेगा।

पट १० के पुल में- विभिन्न काष्ठ खण्ड की चौड़ाई मोटाई निकालने के लिये ये मूल हैं। ठेकियों का स्थान २, सड़क की चौड़ाई १५ फ़ुट, ठेकियों का झुकाव ३०°, संभन काष्ठ की लम्बाई ९ फ़ुट, ठेकी की लम्बाई १३ फ़ुट, विवन्धन काष्ठ की लम्बाई २० फ़ुट। अब बोझ ब जो प्रत्येक ठेकी के सिर पर खड़ी दिशा में कार्य्य करता है $= \frac{ले_1 + ले_2}{२स}$ $\times$ ब $\times$ ३०० $= \frac{९+१३}{४} \times १५ \times ३०० =$ २४,७५० पौंड; और दबाव ट जो ठेकी की दिशा में कार्य्य करता है = ब को० छेदनक = २४,७५० × १.६९ = ४१,८२७·५ पौंड। अब जो कि ठेकी का परिच्छेद मान $= \frac{ट}{फ}$, और फ का मूल्य = ८०० मान कर

परिच्छेदमान निकलता है = ९८·६५ और चौड़ाई मोटाई काष्ठ की १० इञ्च वर्ग। संभ्भन काष्ठ के निमित्त दबाव से = व को॰ समीक = २४७५० × २·६ = ६४३५० और परिच्छेद मान = ६४३५०/७०० = ९१·९२ अथवा चौड़ाई मोटाई १२ × ८ इञ्च।

विबन्धन काष्ठ पर दबाव संभ्भन काष्ठ के तुल्य है = ६४३५० पौण्ड, और देवदारु के निमित्त श का मूल्य साल से कुछ अल्प लेकर (अर्थात् ७५०) परिच्छेदमान निकलेगा ८५·८० जिससे चौड़ाई मोटाई प्राय ११ × ८ इञ्च होगी।

पाये यदि लकड़ी के हों तो प्रत्येक पर कितना बोझ पड़ेगा यह निरूपण करके (छ) ९ पत्रे के यथोचित समीकरण से उस की गणना करो।

९९। जालकर्म्म विशिष्ट पुल के प्रधान काष्ठ ये हैं, ऊपरले और निचले यौगिक[1]-शहतीर, खड़े और कर्णाकार संयोजक काष्ठ (चाहे विबन्धन हों चाहे ठेकी) और सड़क के शहतीर। इनकी चौड़ाई मोटाई इस प्रकार से निरूपित होती है - कल्पना करो कि जाल

(१) Chords

क्रमिक संस्थान की मध्यम उंचाई अर्थात् एक यौगिक शहतीर के मध्य से दूसरे यौगिक शहतीर के मध्य का अन्तर् = ज है और स० चौ० पा पूर्ववत्। प्रत्येक संस्थान पर सारा बोझ यदि ब हो तो उसका आधा अर्थात् $\frac{ब}{२}$ जो चौपाये पाट के समान उत्तोलन दण्ड से कार्य करता हुआ, पाट के मध्य में जो पड़ा दबाव है उसके द्वारा साम्यावस्था में ठहरा हुआ है, (= द,) संस्थान की उंचाई के तुल्य उत्तोलन दण्ड से कार्य्य कर रहा है। अतएव $\frac{ब}{२}$ की मात्रा हुई, $\frac{ब}{२} \times पा$, और पड़े धक्के की मात्रा द × ज, और जो कि ये एक दूसरे के तुल्य हैं इसलिये मात्राओं का समीकरण हुआ $\frac{१}{२}ब \times \frac{१}{२}पा = द \times ज$, जिस से निकलता है $द = \frac{ब \times पा}{८ ज}$*। अब ऊपर के और निचले यौगिक शहतीर के परिच्छेदमान निकालने के लिये द को यथाक्रम भींच और खेंच के विशेषणाङ्क[1] से विभक्त करो।

ऊपर के यौगिक शहतीर के लिये, $प = \frac{द}{फ}$

निचले ---- तथा .... $प = \frac{द}{श}$

इन सूत्रों के अनुसार ऊपर के यौगिक शहतीर का परिच्छेदमान निचले की अपेक्षा अधिक होगा।

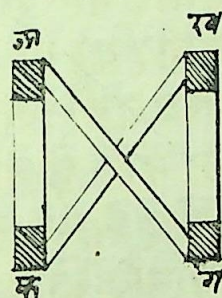
* पत्र १८५ में टीका देखो

(1) Co-efficient

गा क्योंकि भींच के बल की अपेक्षा खिंचके बल के प्रति काष्ठ में अधिक विरोध होने से श अपेक्षा फ सर्वदा न्यून होगा। परन्तु व्यवहार में निचले यौगिक शहतीर को उपरले के समान अथवा उससे कुछ बड़ा रखते हैं, क्योंकि उक्त दबाव के सिवाय इसके उपरले काष्ठ खण्डों का बोझ भी इसे सहारना पड़ता है, पर उपरले यौगिक शहतीर पर (जब कि सड़क निचले यौगिक शहतीर पर हो अथवा उपरले और निचले के मध्य वर्ती किसी स्थान पर हो) कोई भी बोझ नहीं होता। जाल कर्म के पुल की ठेकी और विवन्धन खण्ड पर सर्वत्र समान दबाव नहि होता, पाये के निकट वर्ती खण्डों पर अधिकतम होता है, और पाट मध्य के निकट वर्ती खण्डों पर अल्पतम। ठेकी वा विवन्धन खण्ड की लम्बाई यदि ल हो और पाट मध्य से उसका अन्तर अ हो, तो ठेकीं* वा विवन्धन खण्ड पर दवाव $= \frac{\text{अ ल}}{\text{ज पा}} \text{व}$; (जब ठेकी वा विवन्धन खड़े हों तब ल = ज); अब ठीक परिच्छेद मान निकालने

* ठेकी वा विवन्धन काष्ठ का कार्य यदि स खण्डों में जो एक बिन्दु पर कार्य करते हों विभक्त हो तो उक्त पूर्व मे प्रत्येक खण्ड पर दवाव के निमित्त व का $\frac{१}{स}$ होजाता है।

के लिये दबाव को यथोचित विशेषणाङ्क से वि-
भक्त करो। उक्त काष्ठखण्डों के सिवाय आड़े[1] बन्द
और आनतबन्द[2] भी जालकर्मक पुलों में इस
उद्देश्य से व्यवहृत होते हैं* कि संस्थान दृढ़
होवे और आंधी प्रभृति से उलट न जावे। इन
खण्डों की चौड़ाई मोटाई की गणना इस रीति
से होती है —

(चित्र ९८)

चित्र ९८ में अक, खग दो संस्थान हैं। अग खक
आड़े बन्दों का जोड़ा है; संस्थानों के मध्य बिन्दु-
ओं का परस्पर अन्तर अर्थात् अख रेखा, = प,
और आड़े बन्दों के जोड़ों का परस्पर अन्तर = र;
तब प × र × ३०० आड़े बन्दों के हर एक जो-
ड़े से लटका हुआ बोझ है। इस बोझ को पारि
क कहें, बन्द की लम्बाई को ल, और संस्थान की

* आड़े बन्द और आनत बन्द केवल बड़े पुलों में व्यवहृत होते हैं छोटे
में नहीं।

(1) Cross braces (2) weather braces

मध्यम ऊंचाई को सर्व्वत्र ज, तो प्रत्येक बन्द प-
र दबाव होगा = $\frac{व}{२} \times \frac{लै}{ज}$ । इस दबाव को,
व्यवहृत काष्ठ के वर्ग इञ्च को खींच कर तोड़-
ने वाले बोझ के द्वादशांश से यदि विभक्त करें
तो बन्द का परिच्छेदमान वर्ग इञ्चों में निकले-
गा। आनेव बन्द के निमित्त कल्पना करो कि
उन्के पाटों का अन्तर त है, संस्थानों का प-
रस्पर (माध्य) अन्तर य, और संस्थानों की सा-
री ऊंचाई जड़ ले समेत उ हैं; अति प्रचण्ड आं-
धी वा झञ्झावात के, प्रतिवर्ग फ़ुट पार्श्व पर, ब-
ल को ६० पौण्ड मानने से बन्दों का प्रत्येक जो-
ड़ा जो बल रोकेगा वह यह है = त × उ × ६०,
इसको यदि ह से निर्देश करें, और बन्दों की ल-
म्बाई को ल से तो प्रत्येक बन्द पर दबाव होगा
= $\frac{१}{२}$ ह × $\frac{लै}{य}$, इससे आनेव बन्द का परिच्छेदमा-
न निकल सकता है। इन बन्दों से संस्थान से जो
दृढ़ता होती है उसके सिवाय सड़क के शहतीर
और तख़्तों से भी बड़ी दृढ़ता हो जाती है क्योंकि
ये भी आनेव बन्द का काम देते हैं। संस्थानों के प-
रस्पर संयुक्त करने के लिये लोहे के विबन्धन उ-
ए भी कभी २ इस उद्देश से व्यवहृत होते हैं कि

आंधी से लम्बाई वा चौड़ाई की दिशा मे संस्थान हिले नहि। इठना उत्पादन के सिवाय आड़े बन्दों का यह भी फल है कि केवल एक वा दो संस्थान पर जो बोझ रक्खा गया हो उसे पुल के सारे संस्थानों पर बांट देना।

पट ११ का पुल। इस आकार प्रकार के पुल के प्रधान काष्ठ लट्ठों की चौड़ाई मोटाई निरूपण करती है, जब कि ऊपरले यौगिक शहतीर पर प्रति वर्ग इञ्च १००० पौण्ड से अधिक, और निचले यौगिक शहतीर पर प्रतिवर्ग इञ्च ८०० पौंड से अधिक दबाव न हो।

चित्र से पुल का माप इसप्रकार ज्ञात होता है-पाट ५० फ़ुट, सड़क की चौड़ाई १५ फ़ुट, संस्थान की मध्यम ऊंचाई ६ फ़ुट, टेढ़ी ठेकियों की लम्बाई ७ फ़ुट, एक यौगिक शहतीर की भीतर की धार से दूसरे यौगिक शहतीर की भीतर की धार का अन्तर ५′ ३ $\frac{1}{2}$ जो ५.२९ फ़ुट के समान है, प्रत्येक हिस्से की लम्बाई ४′ ७″, जो ४.५८ फ़ुट के समान है, संस्थान की संख्या २, प्रत्येक हिस्से मे ठेकियों की संख्या ४, प्रत्येक हिस्से मे विद्यमान उण्ड की संख्या २। जो कि सड़क

केवल नखतों की है इसलिये एक पाट का सारा बोझ हुआ ५० × १५ × २२० = १,६५,००० पौण्ड; और जो कि संस्थान दो हैं इसलिये प्रत्येक पर बोझ हुआ $= \frac{१६५०००}{२}$, अर्थात ब = ८२५०० पौण्ड। तब प्रत्येक यौगिक शहतीर पर पाट के मध्य मे दबाव है $\frac{ब \times पा}{८ ज} = \frac{८२,५०० \times ५०}{८ \times ६} = ८५,९३७.५$ पौण्ड, और जो कि यौगिक शहतीर के प्रति वर्ग इञ्च पर दबाव प्रश्न मे हि दिया गया है इसलिये उपरले यौगिक शहतीर का परिच्छेदमान हुआ $= \frac{८५९३७.५}{१०००} = ८५.९३७५$ वर्ग इञ्च और निचले यौगिक शहतीर का $= \frac{८५९३७.५}{७००} = १२२.७६$ वर्ग इञ्च। अतएव उपरले यौगिक शहतीर को १२″ × ७″ और निचले को १२″ × १०″ करने से शायद ठीक होगा।

पार्श्वस्तम्भ के निकट वर्ती दिल्ले की चार ठेकियों मे से प्रत्येक पर दबाव होगा $\frac{अ \times ल}{ज \times पा}$* $\times \frac{ब}{४}$ $= \frac{२५ \times ७}{५.२९ \times ५०} \times \frac{८२५००}{४} = १३,६४६$ पौण्ड। और ठेकी यदि देवदारु काष्ठ की हो (जिसका प्रत्येक वर्ग इञ्च पहिले उदाहरणों मे ७०० पौण्ड भींचने का दबाव झेलने का बल विशिष्ट समझा गया है।

* इस प्रकार पुल की ठेकी के दबाव की गणना मे ज का मूल्य यौगिक शहतीरों की भितरली धार के अन्तर के समान लेना चाहिये, और ल का मूल्य ठेकी के उस अंश की लम्बाई के तुल्य जो झलके बाहेर बाहेर है।

तो प्रत्येक का परिच्छेदमान होगा $\frac{१३५४६}{७००}$ = १९·५ अथवा २० वर्ग इञ्च। अतएव पुलमें सर्वत्र ठेकों की चौड़ाई मोटाई ५″ × ४″ ली जासकती है। पार्श्वस्तम्भ के निकटवर्ती दोनो विवन्धन उण्डों में से प्रत्येक पर दबाव है $\frac{अ}{पा} \times \frac{ब}{२}$ = $\frac{२५}{५०} \times \frac{८२५००}{२}$ = २०,६२५ पौण्ड और उसके रोकने के लिये उण्ड का व्यास होना चाहिये $\sqrt{\frac{२०६२५}{७८५४}}$ = १·६२ इञ्च अर्थात् प्राय १ $\frac{३}{४}$ इञ्च। अतएव स्तम्भों के पास जो दिले हैं उनके विवन्धन उण्ड का व्यास १ $\frac{३}{४}$ इञ्च हो, और औरों का १ $\frac{१}{२}$ इञ्च। सड़क के शहतीरों की चौड़ाई मोटाई इन्हीं नियम और ध्रुवों से निकल सकती है।

१००। लकड़ी के पुलों के निमित्त काष्ठवालों के बल ज्ञापक प्रकोष्ठ।

प्रकोष्ठ १ आड़े बल के विशेषणाङ्कों का

संख्या	काष्ठका प्रकार	श० का मूल्य अर्थात् आड़े बल के विशेषणाङ्क.
		पौण्ड
१	साल, ... मध्यम ...	१०३२
२	धामन .... ,, ...	१०१९
३	टीक (वा) शैगून ... ,, ...	९५३
४	बहल .... ,, ...	८७६
५	आबनूस .... ,, ...	८६१
६	सुन्दरी .... ,, ...	८२४
७	इमली .... ,, ...	८१६
८	शीशम (वा) राली ,, ...	५९६
९	आम .... ,, ...	६५१
१०	नीम .... ,, ...	५८६
११	जम .... ,, ...	५४१
१२	बेर .... ,, ...	४९४
१३	सिरस .... ,, ...	४८६
१४	देवदारु .... ,, ...	२४०

प्रकोष्ठ १

संख्या	काष्ठ का प्रकार	फ का मूल्य जो भींचने वाले केन्द्र से निकला है
		पौण्ड
१	आल्डर नामक अङ्गरेज़ी काष्ठ	७८०
२	आश .... तथा	११९२
३	सेव की लकड़ी	९०३
४	बक्स नामक अङ्गरेज़ी काष्ठ	१४४४
५	बीच .... तथा	९८६
६	सेडार .... तथा	७२०
७	चेरी .... तथा	९८६
८	चेज़्नट .... तथा	९५०
९	आबनूस	१०६२
१०	एल्म नामक अङ्गरेज़ी काष्ठ	७८९
११	फर .... तथा (चीड़ विशेष)	८५१
१२	लृत	१०३१
१३	ओक नामक अङ्गरेज़ी काष्ठ	८०७
१४	पाइन .... तथा (चीड़ विशेष)	८०४

प्रकोष्ठ ३

संख्या	काष्ठ का नाम	तोड़नेवाला बोझ प्रति वर्ग इञ्च	ऋ का मूल्य = तोड़नेवाले बोझ का द्वादशांश
		पौण्ड	पौण्ड
१	धामन	१४६२०	१२१८
२	साल	१००९०	८४०
३	सिरस	९,११८	७५९
४	टीक का शैगून	१०,२४०	८५३
५	शीशम	११,६५६	९७१
६	आबनूस	१२०५२	१००४
७	इमली	११३२७	९४४
८	बेर	१०६५१	८९७
९	आम	७७०१	६४२
१०	बबूल	७३९०	६१६
११	पीपल	६,९५३	५८०
१२	नीम	६९५३	५८०
१३	सेम	४९९२	४१६

प्रकोष्ठ ४

संख्या	काष्ठका प्रकार	आर्द्र		शुष्क	
		आपेक्षिक[1] गुरुत्व	एक घनफुट काष्ठका गुरुत्व	आपेक्षिक गुरुत्व	एकघनफुटका गुरुत्व
			पौण्ड		
१	बबूल	०.९४७	५९.१९	०.८५९	५३.६९
२	बेर	१.११०	६९.३८	०.८१७	५७.४१
३	देवदारु	०.७०४	४४.००	०.५८७	३६.६९
४	धामन	१.०७३	६७.०८	१.०३१	६४.००
५	जामनूपा	१.३६२	८५.१९	१.०१८	६३.६०
६	आम	......	......	.६५५	४१.००
७	नीम	०.९४६	५९.१३	०.८१३	५१.५४
८	सिरस	.८८५	५५.३१	०.८०५	५०.३१
९	साल	१.३१७	८२.४१	.९९४	६२.१२
१०	शीशम	०.८८९	५५.५२	०.७९२	४७.९८
११	तीक (या) सागून	......	......	०.७१०	४४.४५
१२	तून	......	......	०.५४७	३४.१७
१३	इमली	१.२७३	७९.५४	१.२५०	७८.६०

(१) Specifi Gravity

लोहे सेतु

१९१। अब हम उन पुलोंका वर्णन आरम्भ करते हैं जो सबमे प्रधान हैं, और जिनका व्यवहार बीस बरसके भीतर २ यूरोपमे ऐसा प्रचलित हुआ है कि और सब प्रकार पुलोंके वे स्थानापन्न होते जाते हैं। लोहेके पुलमे बल, स्थायित्व, और व्यय का लाघव ये तीनों लाभ हैं जो और किसी द्रव्य के पुल मे नहिं। परन्तु, जैसे और और कार्योंमे, जबतक वाष्पीय यन्त्रों की सहायता न मिली थी तबतक लोहा साधारणरूप से पुलका उपादान नियत नहिं हुआ था। क्योंकि लोहे के ढालने के लिये ऐसे वायु प्रवाह की आवश्यकता थी कि वह अग्नि को अति प्रचण्ड रूप से निरन्तर प्रज्वलित रक्खे और यह वाष्प विना सम्भव नहिं। इधर नेस्मिथ साहेब विरचित वाष्पीय हथौड़े से राशि २ लोहा विविधाकारों मे गढ़ा जाने लगा जो साधारण हथौड़े वा जन से सम्भव नहिं था। और अम्बु-पीड़क[1] यन्त्र मे वाष्प का योग होने से उसमे ऐसा बल हुआ कि जो बड़े भारी लोहे के शहतीरों को अपने स्थान पर चढ़ाने के लिये विशेष करके आवश्यक था।

(१) Hydraulic Press

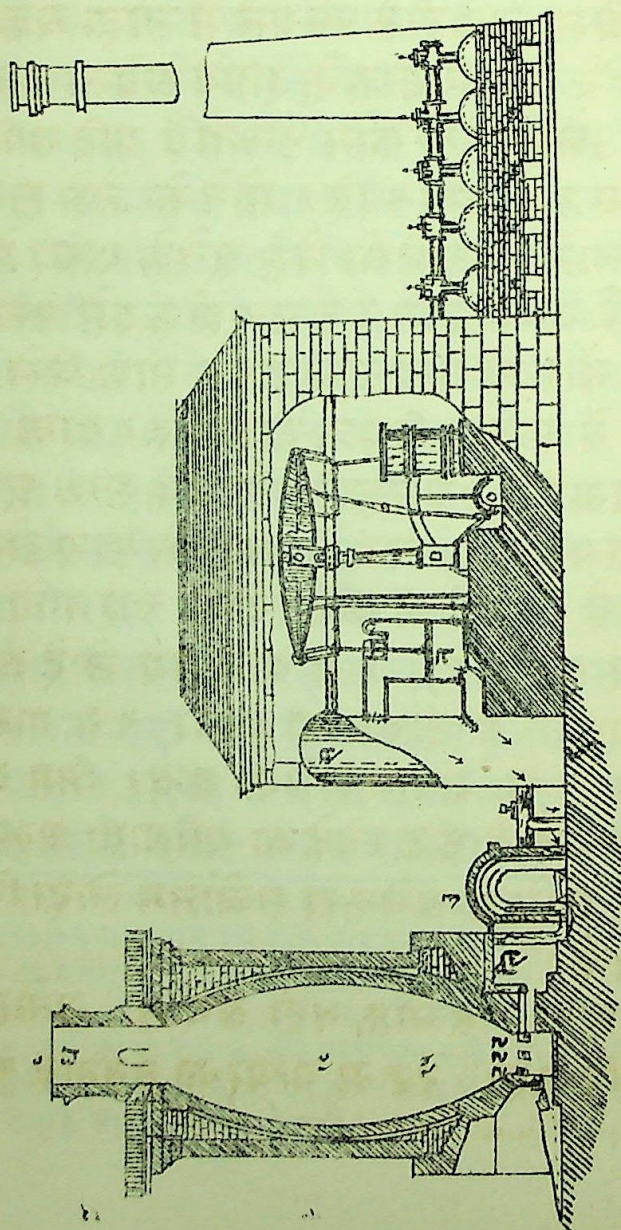
इन सब शाष्टीय यन्त्रों की रचना से यह फल हुआ कि सब देशों के लिये लोहे के पुल अब इङ्गलिस्थान मे बनते हैं।

१०२। तीस बरस पहिले लोहे का पुल (दो चार स्थानों के सिवाय) भारतवर्ष मे अज्ञात था। जब से लोहे की सड़क का इस देश मे प्रारम्भ हुआ तब से लोहे के पुल भी बहुत बनने लगे। इस देश मे लोहे की खानि तो बहुत हैं आश्चर्य नहि कि कुछ दिनों मे धन और गुण के योग होने से यहांहि लोहे के पुल के सब अङ्ग निर्म्मित होने लगें जो कि अब इङ्गलिस्थान मे होते हैं। अतएव लोहसेतु निर्म्माण का कुछ संक्षेप वर्णन उपकार रहित न होगा।

१०३। प्रथम द्रव्य का कुछ वर्णन आवश्यक है। खानि से लोहा शुद्ध नहि निकलता, प्रायशः अन्यान्य द्रव्यों के साथ मिला रहता है। इसलिये पहिले इसको शुद्ध करने की आवश्यकता होती है। प्रथमावस्था मे लोहे के साथ गन्धक मिला रहता है जो उसके अनेक उत्तम २ गुणों को विनष्ट कर देता है; इसलिये अग्नि संयोग द्वारा उसको दूर करना चाहिये और उसकी रीति

यह है – लोहे के धांम की कई ढेरी चिनी जाती हैं और बीच बीच मे उसके पत्थर का कोयला रक्खा जाता है, फेर उसमे आग लगा देते हैं और उसे कई सप्ताह तक जलने देते हैं, फेर उसमे कोक[1] और चूना मिलाकर ऐसे भट्टे मे उसे रखते हैं कि जिस मे भस्त्रा वा वायु के द्वारा अग्नि सर्व्वदा प्रज्वलित रहे। कोयला प्रभृति पिगले हुए वस्तु भट्टे के ऊपर जो छिद्र होता है उसमे से निकल जाते हैं पर लोहा भारी होने के हेतु पिगल कर नीचे बैठता जाता है और भट्टे के नीचे जो छिद्र होता है उस के द्वारा १२ घंटे मे एक बार निकाल लिया जाता है। नीचे सांचे बने रहते हैं उसमे पिगला हुआ लोहा गिरकर ठण्डा होने से अभीप्सित आकार धारण करता है। जहां पत्थर का कोयला नहि मिलता वहां काष्ठहि व्यवहृत होता है, परन्तु पहिले उसका कोयला बनालिया जाता है, ताकि उससे यथेष्ट उत्ताप प्राप्त हो। लकड़ी के

---

(१) Coke – पत्थर के कोयले मे से उत्ताप के द्वारा गन्धक को वियुक्त करनेसे जो द्रव्य रहता है उसे कोक कहते हैं। इसके बनानेकी रीति यह है कि पत्थर के कोयले की ढेरी लगाकर अथवा भट्टे मे रखकर धीरे २ उसे जलाते हैं, इस प्रक्रिया से उज्वल कृष्ण वर्ण कोयला धूसर वर्ण का हो जाता है, और सच्छीपेला कठिन होजाता है; एवं की न्याई शीघ्र दग्ध नहि होता, पर जलने से अधिकतर और शुद्धतर उत्ताप देता है और धूम रहित होता है।

उष्म वातीय भट्ठी

न धौंकनी की एक नल है कि जिससे वायु स   संग्राहक मे पहोंचाई जाती है, और वह धीरे हुए लोहे की पाटियों को छूती है, और वहां से नली ल के द्वारा उष्म कोठों मे कि जिन्मे से एक का चित्र परिच्छेद ३ है, और वहां से उष्म होकर नली लि के द्वारा वायु भट्ठी मे पहोंचती है। टटट चौंतरा हैं; टट बाहेर निकलने का द्वार है और ध धूआं का निर्गम है।

कोयले को भी पत्थर के कोयले की न्याई शनैः२ जलाना चाहिये। परन्तु पत्थर के कोयले की अपेक्षा लकड़ी के कोयले से लोहा अच्छा बनता है और स्व्वींक के उत्ताप अपेक्षा इसमे न्यून उत्ताप से भी काम चलता है यदि अधिक समय तक समान रहे। सोने को जैसे सुहागे से गलाते हैं लोहे को वैसे चूने के पत्थर से गलाते हैं उसके द्वारा यह सम्पूर्ण रूपसे जलजाता है और जो अन्य द्रव्य इसके साथ मिले रहते हैं वे सम्पूर्ण वियुक्त होजाते हैं। परन्तु यदि आकरीय (असंस्कृत) लोहे के साथ चूनादि मिला हो तो (चिकनी) मट्टी के साथ उसे गलाते हैं। लोहे का अच्छा होना चार बातों पर निर्भर करता है; १ म आकरीय लोहे की अवस्था,[1] २ य ईन्धन का प्रकार, ३ य गालन द्रव्य, ४ र्थ बनाने वाले का यत्न। जिस आकरीय लोहे में शुद्ध लोहे का परिमाण अल्प होता है उसमे से अनेकदा सर्व्वोत्तम लोहा निकलता है।

२०४। स्व्वींक मट्टी, अर्थात "वातोद्दीपित[2] वह्निकुण्ड" ईंट वा पत्थर का बनता है और उस

(१) Flum (२) Blast furnace

के भीतर के पार्श्व मे आग्नेयेष्टिका[1] लगती हैं। उसका परिच्छेद शङ्कुवत वा सूच्याकार होता है, और उस के ऊपर के सिरे पर जो बड़ा द्वार वा छिद्र होता है उसमे से उष्म वायु निकल जाती है; परन्तु थोड़े दिनों से यह रीति निकली है कि उस वायु को निकालते नहि, उसे एक बड़ी नली के द्वारा उस वाष्पीय यन्त्र की स्वेदनी[2] के नीचे लेजाते हैं कि जिसके द्वारा चालित आकर्षक यन्त्र से वायु भट्टी मे प्रेरित होती है, अर्थात् वाष्पीय यन्त्र से चालित आकर्षक यन्त्र द्वारा वायु भट्टीकी अग्निको प्रज्वलित करके फेर वहि वायु उक्त वाष्पीय यन्त्र की स्वेदनी के नीचे अग्नि को प्रज्वलित करके वाष्पोत्पत्ति की हेतु होती है। पहिले दिनों मे पंखे के द्वारा वातोत्पत्ति होती थी और वह पंखा पशु वा जल के बल से चालित होता था। अब यह (वातोत्पत्ति) उक्त आकर्षक यन्त्र द्वारा होती है। आकर्षक यन्त्र का स्वरूप यह है कि एक बड़ी नल के भीतर गट्टा[2] आता जाता है जिससे वायु उत्पन्न होती है, और उस गट्टे की गति वाष्प के द्वारा होती है जो अपेक्षाकृत छोटी नली के द्वारा जाता है। जब यह वायु भट्टी मे ठएडी प्रेरित होती है तब उस भट्टी के

(1) Fire-bricks (2) Boiler (2) Piston

लोहे को शीतवातीय[1] कहते हैं; और जब यह वायु उष्ण नली से जाती है और ६०० अंशतक इसकी उष्णता होती है तब उस वायु के द्वारा उद्दीपित भट्टी के लोहे को उष्णवातीय[2] कहते हैं। इन दो प्रकार[*] लोहे में से कौन सा श्रेष्ठतर है इस विषय में विविध मत हैं, पर, साधारण रूपसे, दोनों का मेल सर्व्वोत्तम समझा जाता है। वस्तुतः लोहे की श्रेष्ठता विभिन्न प्रकार संयोग पर निर्भर करती है; कैसे संयोग से कैसा गुण उत्पन्न होता है इसका कोई नियम हम नहि कहसकते, क्योंकि यह परीक्षासेहि विदित होता है; अतएव निर्म्माता वा शिल्पी को उचित है कि अपनी२ परीक्षा से यह बात निरूपण करें।

१०५। उक्त प्रक्रिया से जो लोहा निकलता है उसे संस्कृत[3] लोहा कहते हैं। यह संस्कृत लोहा अपने संयोग और ईन्धन के अनुसार जो विभिन्न प्रकार गुण विशिष्ट होता है यह ऊपर कहागया; परन्तु इसके प्रधान विभाग दो हैं एक को "ढालयोग्य लोहा"[4] कहते हैं दूसरे

* शीत वातीय प्रक्रिया मे व्यय अधिक होता है; और उष्णवातीय प्रक्रिया मे हानि यह है कि उसके द्वारा निकृष्ट लोहा होता है और अन्यान्य निकृष्ट धातु भी लोहे के साथ गल कर उसे निकृष्ट कर डालते हैं।

(1) Cold blast (2) Hot blast (3) Pig-iron
(4) Foundry Iron

को "चढ़ने योग्य"[1]। ढालयोग्य लोहे के तीन प्रकार प्रसिद्ध हैं जिनको नम्बर १, नं २, नं ३ कहते हैं। नं १ मे कार्बन[2] नामक द्रव्य अधिकतम है और यह प्रकार अच्छे सूक्ष्म ढलाव के उपयोगी है, नं २ और नं ३ बड़े २ ढलाव मे काम आता है जहां बल की आवश्यकता है। चढ़ने योग्य लोहा भी तीन प्रकार का है, और उज्ज्वलायस[3], कर्बुरितायस[4] और श्वेतायस[5] नाम से ख्यात है, जिनमे से शेषोक्त प्रकार (श्वेतायस) दृढ़तम है और कार्बन का न्यूनतम परिमाण रखता है। इस्पीक संस्कृत लोहे से फिर तीन प्रकार लोहा बनता है जिनके नाम ये हैं, ढलवां वा द्रावित[6] लोहा, चढ़वां लोहा वा ऊनी[7], और फौलाद वा सार लोहा[8]। ढलवां वा द्रावित लोहा वह है जो पिघलाकर अभीप्सित आकार के सांचे मे ढाला जाता है और उससे अभीप्सित आकार के विविध लौहमय वस्तु बनते हैं। चढ़वां लोहा वह है जो हथौड़े से पीट पीट कर चढ़ा जाता है। चढ़वें लोहे की पट्टी को कोयले के साथ एक विशेष प्रकार से उत्ताप देने से वह फौलाद बनजाता है। इन तीनों प्रकार

(1) Forge iron (2) Carbon = अङ्गार
(3) Bright-iron (4) Mottled iron
(5) white iron (6) Cast iron (7) wrought-iron (8) Steel

के लोहे मे परस्पर भेद होने का प्रधान कारण
"कार्बन" पदार्थ की न्यूनाधिकता है, ढालित
लोहे मे कार्बन* का परिमाण अधिकतम, और
कुशी मे न्यूनतम होता है। ढलवां लोहे का औ-
पादानिक संयोग बिलोर (स्फटिक) की न्याई हो-
ता है; अतएव यह भङ्गुर अर्थात् तड़क जाने
वाला है; पर घड़वां लोहा तन्तुमान् (१) होता है,
इसलिये पीटने से उसका आकार परिवर्तनीय
है अर्थात् छोटा बड़ा होसकता है। फौलाद प्रा-
यशः उपकरण और यन्त्रों के निर्माणमेंहि व्य-
वहृत होता है जहां बहुत दृढ़ और चिकनेप-
न की आवश्यकता है; पर अधिक व्यय साध्य
और भङ्गुर होनेसे बड़े कामों मे यह नहि लगता।
जहां झटका लगने वा हिलने की सम्भावना
न हो वहां ढलवां लोहा, जिसमे व्यय अल्प
और बल अधिक होता है, उपयुक्त है। छोटे,
अर्थात् ४० फुटतक पारवाले, पुलोंके निमि-
त्त ढलवां लोहे के शहतीर सस्ते पड़ते हैं और
अच्छे होते हैं; इससे अधिक पाट के निमित्त ढ-
लाव बहुत बड़ा होनेसे उसकी दृढ़ता के सर्व-

* ढलवां लोहे मे १०० अंश धातु मे ४ से ५ अंशतक कार्बन होता है, फौलाद मे ०.५ से १.५ अंशतक और घड़वां लोहे मे कार्बन का लेशमात्र होता है। (१) Fibrous

र समान होने पर निर्भर नहिं किया जाता; पर हां, ढलवां शहतीरों को जोड़ कर यदि लम्बा किया जाय तो उनसे बड़े पाट वाले पुल बन सकते हैं। ढलवां लोहा प्रतिवर्ग इञ्च ५०० से १३०० मन तक खींचने वाला बोझ सह सकता है, पर घड़वां लोहा उसका तृतीयांश बोझ मात्र झेल सकता है; अतएव छत के लम्भ और ऐसे अन्यान्य भागों के निमित्त जहां दबाव खींच का है ढलवां लोहा अधिक उपयोगी है। पर ऐंच का बल, घड़वां लोहा प्रतिवर्ग इञ्च ४३२ से ४८६ मन तक सह सकता है, और ढलवां लोहा इस प्रकार बल को ८० मन से १६० मन तक सह सकता है। इससे जाना जाता है कि ढलवां लोहा खींचने वाले बोझ को ऐंचने वाले बल की अपेक्षा ६ गुण झेल सकता है पर घड़वां लोहा ऐंच के बल को खींच के दबाव की अपेक्षा डेवढ़ा झेल सकता है। इन दिनों मे घड़वें लोहे का व्यवहार प्रायः सब प्रकार के कामों मे है। बड़े पाट वाले छत और पुल के निमित्त यह और सब द्रव्यों से श्रेष्ठ है क्योंकि इसमे बल बहुत और बोझ अल्प है। जहाज़, तोप इत्यादि विविध कार्य्यों मे इसका

व्यवहार शीघ्रता के साथ बढ़ताजाता है।

१०६। ढलवां लोहे के बनाने की रीति यह है कि संस्कृत लोहे को गुम्बज़दार[1] वा वायवीय[2] भट्टी मे फेर पिघलाते हैं; अथवा पहिले बारहि, अर्थात् असंस्कृत लोहे को पिघलाने के समय, कार्य्योपयोगी आकार मे उसे ढाल लेते हैं। साधारण कार्य्यों मे तो अब ऐसाहि कियाजाता है, परन्तु पुल के शहतीर प्रभृति कार्य्यों के निमित्त, जहां अधिक अपेक्षा बल की ओर अधिक दृष्टि होती है, लोहे को द्वितीय बार पिघलानाहि अच्छा है, क्योंकि उसमे मैल दूर होजाने के हेतु लोहा अच्छा होजाता है। गुम्बज़दार भट्टा स्फोटक भट्टे की अपेक्षा कुछ छोटा होताहै। इन दिनों मे जो ऐसे भट्टे बनाये जाते हैं उनमे बहुदा बाहेर की ओर लोहे के तवे वा पत्रे और भीतर की ओर आग्नेय ईंटों की निर्म्मिति होती है। वायवीय भट्टे मे, अग्नि कुण्ड से अग्निशिखा उत्थित होकर धूम्रनली[3] मे जाने के समय धातुस्थली पर निपतित होती है। धूम्रनली इस भट्टे की ऊंची होती है जिससे वायुका अच्छा प्रवाह हो; और वायु के नियमित करने के निमित्त इस के

(१) Cupola (२) Air furnace (३) Chimney

उपरले सिरे पर एक ढकना होता है। वायवीय भट्टा गुम्बज़दार भट्टे से श्रेष्ठ होता है पर शेषोक्त प्रथमोक्त की अपेक्षा सस्ता पड़ता है। पिघले हुए लोहे को शनैः २ ठण्डा करना चाहिये, इस रीति से उसमे बलका आधिक्य होता है। भिन्न २ भागों के आकारगत परिमाण मे भी बहुत अन्तर न होना चाहिये ताकि वे असमान रूपसे सङ्कुचित न हों, क्योंकि ऐसा होनेसे लोहे मे बुलबुले और कलङ्क आजाते हैं। निर्माता को चाहिये कि शहतीर का आकार निरूपण करने मे इस विषय का ध्यान रक्खे। प्रकृत कोण भी न रखने चाहियें, उन्हे गोल वा वक्राकार कर देना चाहिये, क्योंकि वहां धातु बाहर की धारकी अपेक्षा अधिक सङ्कुचित होता है।

(१०)। पउवां लोहे के बनाने की रीति यह है कि संस्कृत लोहे को कार्बन्यपसारणी[1] भट्टी मे रखते हैं। इस भट्टी मे भी धातु के साथ तद्गुण विनाशकारी ईन्धन नहि मिलता, अग्निशिखा मात्र लोहे से स्पृष्ट होती है। इस भट्टी मे लोहे को श्वेतोत्ताप देकर जब वह ठण्डा होने लगे उसी समय उसे निकाल लेते हैं

(१) Puddling furnace

और बन पर रख कर प्राचीन रचक हथौड़े वा नै-
स्मिथ साहेब निर्म्मित हथौड़े से पीटते हैं, जिससे
उसकी लम्बी पट्टी बन जाती हैं। उन पट्टीयों को
पीछे रक्तवर्ण उत्ताप देकर बेलन यन्त्र के नीचे र-
ख देते हैं और उससे लम्बी थाम, वा रेल, वा पत-
ली चद्दर इच्छानुसार बनालेते हैं। अच्छे काम
के निमित्त चद्दर को पीछे मन्द[1] भट्टे में रख कर
उत्ताप दे लेते हैं क्योंकि बेलन से लोहे का बल
कुछ ह्रास होजाता है।

१०८। फ़ौलाद के बनाने की रीति का वर्णन
यहां अनावश्यक है।

१०९। परीक्षा से केवल यहि नहि विदित हु-
आ है कि विभिन्न प्रकार असंस्कृत लोहे से विभि-
न्न गुणविशिष्ट संस्कृत लोहा होता है, और कि-
स प्रकार लोहे का कितना अंश मिलाने से कै-
सा लोहा उत्पन्न होगा सो अभ्यास से जाना जा-
ता है, वरन यह भी कि कई संयोग ऐसे हैं, जो
अन्य संयोगों की अपेक्षा अधि-
क बोझ झेल सकते हैं, परन्तु यदि हिलने की
सम्भावना हो तो उक्त फलका व्यतिक्रम हो जाय-
गा। हमर साहेब कहते हैं कि यह एक प्रकार

[1] Slow furnace

साधारण नियम समझना चाहिये कि अच्छे परि-
माण यथोचित उताप प्राप्त संस्कृत लोहा (नम-
र १ वा २) और अर्द्ध परिमाण अच्छे पुराने लो-
हे को सम्यक् प्रकार मिलाकर गुम्बज़ दार भट्टेमे
यदि चढ़ाया जाय और चमचे से सांचे मे ढाल
कर शहतीर बनाया जाय तो उससे उत्तम और
विश्वास योग्य शहतीर बन जायगा, और शीत
वातीय लोहे का व्यय न उठाना पड़ेगा। शह-
तीर बनवाने मे निर्म्माता को इस विषय का
ध्यान रखना चाहिये, परन्तु जो कि शहतीर
ढलजाने के पीछे इसके जानने का कोई उपाय
नहि कि उसमे कितना अंश किस प्रकार लोहेका
है, इसलिये लोहा ढालने वाले से यह समझ क-
र लेना चाहिये कि शहतीर पर जितना बोझ पड़-
ना है उससे दूना बोझ उसकी सारी लम्बाई पर डा-
ल कर देखलेंगे और १० फुट पाट के पीछे १/२
फुट से अधिक शहतीर का झुकाव न होगा तो
हम शहतीर लेंगे नतुवा नहि।

उल्लिखित वर्णन से उपादान द्रव्य का कुछ
परिज्ञान हो जाने से, अब लौह सेतु निर्म्माण री-
ति का प्रारम्भ किया जाता है।

लोहे के शहतीरों का पुल

११०। लोहे के पुल जितने प्रकार के हैं, उन-
को दो भागों में विभक्त कर सकते हैं; १ सीधे
वा शहतीरों के पुल, २ महराबदार और प्रल-
म्बित सेतु। पहिले प्रथमोक्त प्रकार पुलों के
निर्म्माण की रीति लिखी जाती है।

१११। ढलवां लोहे के शहतीर – जब शहती-
र को कोई निर्दिष्ट स्थायी बोझ झेलना है, तो
उसको ऐसा बनाना चाहिये कि उस बोझ से ति-
गुने चौगुने बोझ तक सहारने का उसमें बल
हो। परन्तु जब शहतीर में सर्व्वदा झोंका ल-
गने की सम्भावना है, तब उस बोझ से ६।
गुणा और कभी २ दश गुणे बोझ तक सहार-
ने का उसमें बल होना चाहिये। यह एक साधा-
रण नियम समझना चाहिये कि पुल में चौगुना
जो स्थायी बोझ (अर्थात् उसका अपना भार) +
चौगुना गतिमान् अधिक से अधिक बोझ, जि-
स के आने की उसके ऊपर सम्भावना हो, सहार-
ने का बल हो*। लोहपथ सेतु पर गतिमान बोझ

* अब विलायत में यह रीति है कि, सब ढलवां लोहे के पुल में इत-
ना बल रक्खा जाता है कि जब तक उसका अपना स्थायी बोझ का तिगुना

वाष्पीय शकटों का होगा जो रेल के प्रत्येक जोड़े पर आने वाली हों। बल और चौड़ाई के भेद से वाष्पीय शकटों का बोझ विभिन्न परिमाण होता है। इनके बोझका मध्यम परिमाण ७०० मन कहा जासकता है, और लम्बाई इनकी २० फ़ुट, जिसका पड़ता हुआ फ़ी फ़ुट लम्बाई ३५ मन परन्तु इन गाड़ीयों के अगले और पिछले धुरे का अन्तर प्राय १२ फ़ुट से अधिक न होगा। इसलिये जिन पुलोंका पाट २० फ़ुट से न्यून है उनके ऊपर रेलकी प्रत्येक लैन की प्रति फ़ुट लम्बाई पर ५४ मन (गतिमान् अधिकतम) बोझ का हिसाब लगाना चाहिये और जिन पुलोंका पाट कि २० फ़ुट से, अधिक है, उन पर प्रति फ़ुट ३० से ४० मन तक (गतिमान् अधिकतम) बोझ समझ लेना चाहिये।

११२। बोझसे झुकाव[1] वा अतिचार। यह देखा गया है कि किसी शहतीर पर यदि वारंवार अतिचार जनक बोझ पड़े तो उसके बल की कुछ हानि न होगी यदि शेष अतिचार की तिहाई से

और गतिमान् अधिकतम बोझ का छयगुणा बोझ उस पर न पड़े तब तक वह टूट नहि सकता। तथा, चड़वां लोहे के पुलमें, गतिमान् अधिकतम बोझ और पुलका अपना बोझ (जो शहतीर पर पड़े) किसी स्थलमें प्रतिवर्ग इञ्च १२५ मनसे अधिक न हो।

(1) Deflection

वह (अतिचार) अधिक न हो, और यह शेष अति-
चार विभिन्न द्रव्य मे विभिन्न होगा। परन्तु उक्त म-
र्य्यादा का अतिक्रम होने से (अर्थात् शेष अति-
चार की तिहाई से अधिक बोझ यदि बारंबार प-
ड़े तो) शीघ्रहि हो वा विलम्ब से हो शहतीर
निश्चय टूट पड़ेगा। बहुत निर्म्माताओं का यह
मत है कि शहतीर पर बोझ के स्थिर पड़े रहने
से जितना अतिचार होता है, उसके बड़े वेग से
शहतीर पर चलने से तिस से भी अधिक अति-
चार होता है; परन्तु अतिचार का परिमाण के-
वल वेग पर हि निर्भर नहि करता, स्थिति
की दृढ़ता और परिमाण पर भी निर्भर कर-
ता है। इसी लिये रेल की सड़क पर जो पुल
बनते हैं उनकी परीक्षा के निमित्त उन पर प-
हिले तो कुछ काल अधिकतम स्थिर बोझ डा-
ल रखते हैं और पीछे भारी गाड़ीयें बड़े वेग के
साथ उन पर चलाते हैं; दोनो अवस्था मे जित-
ना अतिचार होता है उसे लिख लेते हैं।

१९३। जिस शहतीर का दोनो सिरा टिकाऊ
था हो, उसका अतिचार लम्बाई के वर्ग से अनुपा-
त सम्बन्ध रखता है और गहराई से व्यस्त अनुपा-

न सम्बन्ध। परीक्षा से जाना गया है कि १फ़ुट लम्बी और १इञ्च वर्ग ढलवां लोहे की पट्टी में ·०१ इञ्च तक अतिचार होने से उसके स्थितिस्थापकता[1] गुण में हानि नहीं होती। अतएव किसी ढलवां लोहे के शहतीर का क्षतिहीन अतिचार यदि जानना हो तो उसकी लम्बाई के वर्ग को ·०१ से गुणन करके गुणफल को गहराई से विभक्त करना चाहिये। इसरीति से जो अतिचार निकलेगा वह शेष अतिचार का प्राय तिहाई होगा और व्यवहार में उससे अधिक अतिचार न होना चाहिये। क्षतिहीन अतिचार को यदि अ कहें, लम्बाई को ल, और गहराई को ग, तो—

$$अ = ·०१ \frac{ल^2}{ग}$$

११४। शहतीर का परिच्छेद — जब किसी शहतीर पर (स्थिर वा वेग विशिष्ट) बोझ लादा जाता है, तो उस पर आड़ा दबाव पड़ता है, और वह दबाव दो भागों में विभक्त समझा जा सकता है, यथा, भींच[2] का दबाव और खिंच[3] का दबाव। स्पष्ट है कि शहतीर पर बोझ पड़ने से उसमें जो अतिचार आता है, चाहे वह कैसा ही

(१) Elasticity (२) Compression
(३) Extension

अल्प हो, उससे शहतीर का आकार उसी महराब की न्याईं हो जायगा, और इसलिये शहतीर का उपरला पार्श्व कुछ भिंचेगा और उसके निचले पार्श्व मे कुछ खेंच आवेगी। उपरले और निचले पार्श्व के बीच मे एक रेखा या तल ऐसी होगी जहां न भींच न खींच, अर्थात् जहां पड़ी दिशा का कोई दबाव नहि (क्योंकि वहां से आगे दोनों ओर भींच और खींच आरम्भ होती है)। इस रेखा को दबाव की मध्य रेखा (१) कहते हैं; इसका स्थान शहतीर के परिछेद के आकार और द्रव्य पर निर्भर करता है; यथा वर्ग वा सम चतुष्कोण परिछेद मे यह रेखा ठीक बीच मे होगी यदि दबाव स्थिति स्थापकता की मर्यादा को अतिक्रमन न करे। जो कि ढलवां लोहा खेंच के बल को उससे ६॥ गुण अधिक रोकता है, इससे स्पष्ट है कि इस धातु के परिछेद को वर्गाकार करने से ऊपर के अर्द्ध मे अनावश्यक अधिक परिमाण होगा, अथवा नीचे के अर्द्ध मे आवश्यता से अल्प होगा, फलतः इस आकार से लोहे का पूरा सार्थक नहि होता, अनावश्यक व्यय होता है। उचित है कि उसका

(१) Neutral axis

परिच्छेद ऐसा किया जाय जिससे उस भाग मे धातु का परिमाण अधिक हो जहां उसके टूटने की अधिक सम्भावना है, अर्थात् निचले भागमे। कई बार की परीक्षा से यह जाना गया है कि इस आकार का शहतीर ⊥ उस (स्थिर) बोझ का चतुर्गुण उठा सकेगा जितना कि उसके उलटाने से (अर्थात् यह आकार ⊤ कर देने से) वह उठा सकता है; इससे यह सिद्ध हुआ कि धातु का अधिक परिमाण शहतीर के उपरली ओर होने की अपेक्षा निचली ओर होने मे बहुत लाभ है। उक्त आकार विशिष्ट शहतीर की निकली हुई दोनों धारें एक दूसरे से, और "दबाव की मध्यरेखा" से, अधिकतम अन्तर पर होने से, और "दबाव की मध्यरेखा" गुरुत्व केन्द्र की रेखा मे होने से, उनमे (शहतीर मे) अधिकतम बल होता है। इस नियमानुसार अधिकतम बल सम्पादन के लिये यह उपाय अवलम्बित हो सकता है कि उपरली और निचली निकली हुई धार की चौड़ाई समान रक्खी जाय पर उपरली धार की मोटाई निचली धार की मोटाई का षष्ठांश हो जिससे परिच्छेद का

ऊपरला आधा निचले आधे से लघु हो, परन्तु इस प्रकार आकार का ढालना हि केवल कठिन नहि वरन्‌ इससे ऊपर की धार बहुत पतली हो जाती है। इसलिये व्यवहार मे दोनो धारों की मोटाई समान रक्खी जाती है पर चौड़ाई घटाई जाती है ताकि परिछेद का ऊपरला भाग निचले भाग से लघु हो (पर गणना से जितना लघु होना चाहिये उतना नहि रक्खा जाता क्यों कि धातु का विभाग तत्वतः ऐसा ठीक नहि होता जिससे अधिकतम फल लाभ हो)।

(१९५) शहतीर का बल— ढलवां लोहे के शहतीर के बल की गणना प्रायशः इस ध्रुवे से होती है

$$ब = \frac{ध\ ग\ न}{प}$$

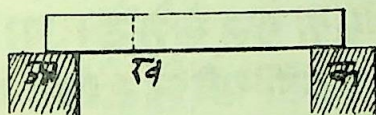
यहां ब उस बोझ के टन* हैं जो शहतीर के बीच मे रक्खे जाने से वह टूट जायगा, ध निचली निकली हुई धार का परिछेद मान वर्ग इन्चों में है, ग शहतीर की गहराई है, प पाट है (सब इन्चों मे), न एक नित्य अङ्क है जो अनेक बार की परीक्षा से २६ निर्धारित हुआ है। ऊपर की निकली हुई धार निचली धार की साथ चौथाई

* टन प्रायः २७ मन बोझ होता है।

होती है। यह (ध्रुवा) शहतीर के मध्य भाग के लिये है जहां अधिकतम बल की आवश्यकता होती है; परन्तु ज्यों२ स्तम्भ के निकट होते जांय त्यों२ बोझ का दबाव न्यून होता जाता है, इसलिये शहतीर का जो भाग स्तम्भ के निकट वर्ती होता जाय उसमे धातु का परिमाण भी न्यून किया जा सकता है; और जहां पुल पर स्थिर बोझ हो, अथवा गति विशिष्ट बोझ अल्प हो, जैसा कि साधारण सड़क के पुल पर वहां धातु की न्यूनता इसप्रकार से हो सकती है कि लम्बाई की दिशा मे शहतीर के परिछेद को समानान्तर वक्र का आकार दिया जाय, पर निकली हुई धार का परिछेद मान एकसा रहे। परन्तु लोहे की सड़क के पुल पर जहां गति विशिष्ट बोझ अधिक होता है वहां परिछेद (लम्बाई की दिशा मे) अर्द्ध अण्डाकृति होना चाहिये।

११९। जो कि मूलतत्व को अवलम्बन करके सिद्धान्त पर पहुंचना श्रेष्ठ है, इसलिये गणना की एक अन्य रीति यहां प्रदर्शित होती है जो सब द्रव्यों के उपयोगी है (केवल लोहे के हि नहि)॥ समान रूप से विस्तीर्ण बोझ जो शहतीर को

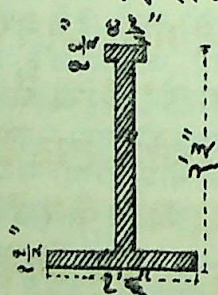
उठाना पड़ेगा उसे यदि ब कहें और ग, ध, प, पूर्ववत् समझें, और ढलवां लोहे के खेंच के बलको प्रति वर्ग इञ्च १½ टन (प्राय ४० मन) समझें, तो शहतीर की आधी लम्बाई और उसकी गहराई को मुड़ा हुआ उत्तोलन उण्ड समझ कर निचली धार पर खेंच का परिमाण द $= \frac{बप}{८ग}$ *; पर शहतीर

*

कल्पना करो कि अक एक शहतीर है और उसकी लम्बाई ल है, औ-
र गहराई ग, और दोनो सिरे उसके टिके हुए हैं। प्रत्येक फुट (वा अ-
न्य किसी माप की एकाई) का बोझ व है; तो वल = ब = सारा विस्ती
र्ण बोझ = $\frac{ब}{२}$ जो शहतीर के मध्य पर कार्य्य कर रहा है।

किसी बिन्दु ख पर दबाव की मात्रा निकालनी हो तो; कल्पना करो
कि अख = य, तो अख का बोझ होगा = वय जो अख के गुरुत्व के-
न्द्र पर कार्य्य कर रहा है, और ख पर इस बोझ की मात्रा होगी
= वय + $\frac{य}{२}$ = $\frac{वय^२}{२}$ । अपर प्रतिकार्य्य(१) (उल्टा दबाव) होगा = $\frac{बल}{२}$, औ-
र इस दबाव की मात्रा ख बिन्दु पर = $\frac{बलय}{२}$। इन मात्राओं का अन्तर
म = ख पर शुद्ध दबाव की मात्रा = $\frac{बलय}{२} - \frac{वय^२}{२}$ (पहिले को बड़ा
समझ कर जो वह अवश्य होगा नहि तो शहतीर भग्न होजाता)
= $\frac{वय}{२}$ (ल-य) म अधिक तम है जब कि ख पाट के मध्य मे हो अर्था-
त् जब कि य = $\frac{ल}{२}$ अतएव इस अवस्था मे म = $\frac{वल}{४} \cdot \frac{ल}{२} = \frac{वल^२}{८}$;
और द यदि मध्य मे पड़ा दबाव हो जो उत्तोलन उण्ड दग से कार्य्य
कर रहा है = म = $\frac{वल}{८}$ अर्थात् द = $\frac{वल}{८ग} = \frac{वप}{८ग}$ । शक्तियों के सं-
योग विभाग की रीति से भी यह बात सिद्ध हो सकती है।

(१) Reaction

ऐसा होना चाहिये कि वह उक्त खिंच को रोके इसलिये द = १ १/२ ध । द के इन दो मूलों का समीकरण करने से ध, प और ग का परस्पर सम्बन्ध ज्ञात होता है, और प के ज्ञात होनेसे ध और ग का परस्पर सम्बन्ध अर्थात् न्यूनाधिक्य अभ्यास द्वारा निर्णीत होता है। द का मूल्य विभिन्न दशाओं मे अवश्य विभिन्न होगा।

(१०) उक्त नियमों के उदाहरण के निमित्त हम रेलका एक पुल लेते हैं। उस पुल के शहतीर के मध्य का परिच्छेद चित्र (१९) मे दृष्ट होगा, पाट (खम्भों के भीतर) २२ फुट है।

(चित्र १९)

प्रथमोक्त ध्रुवा यह है $व = \frac{धगन}{प}$; यहां

ध = निचली धार का मान = १८ × १.५ इञ्च = २७ इंच

ग = शहतीर की गहराई = २७ इञ्च

प = पाट = २२ फुट = २६४ इञ्च

न = १९

सो द = तोड़ने वाला बोझ (टनों मे) = $\frac{२० \times २० \times २६}{२७६}$ = ५८ टन, और पुल के ऊपर विस्तीर्ण बोझ प्रतिफुट १ $\frac{१}{२}$ टन के हिसाब ३९ टन, हुआ, इसमे मिलाओ दो शाहतीरों का बोझ ५ टन और ऊपर की निर्म्मिति का बोझ ४ टन, समष्टि बोझ हुआ ४४ टन; अथवा प्रत्येक शाहतीर के मध्य मे ११ टन जो तोड़ने वाले बोझ का प्राय छठा अंश है।

दूसरे ध्रुवे मे निचली धार पर अधिकतम खिंच होगा द = $\frac{ब प}{८ ग}$; ब विस्तीर्ण बोझ = ११ टन, द = $\frac{११ \times २२}{८ \times १\frac{१}{६}}$ = २८ टन, और जो कि ढलवां लोहे का खिंच निवारक व्यवहारिक बल प्रति वर्ग इन्च १ $\frac{१}{२}$ टन है, सो इसके लिये १९ इन्च परिच्छेदमान आवश्यक है, पर वास्तव परिच्छेदमान २० इन्च है अतएव इस पुल का शाहतीर यथेष्ट दृढ़ है क्योंकि उस पर दबाव २८ टन वा प्रतिवर्ग इन्च १ टन मात्र है।

११८। सड़क- अब लोहे के पुल पर सड़क बनाने की रीति लिखते हैं। एक सीधा उपाय यह है कि एक शाहतीर की निचली धार से दूसरे शाहतीर की निचली धार तक पत्थर के चपान रखकर उनके द्वारा सारे पुल को

पाट दिया जाय। पर इसप्रकार के पटाव मे शा-
हतीरों को पास २ लगाना आवश्यक है, नहि
तो वह यथेष्ट दृढ़ न होगा। दूसरी रीति य-
ह है कि शहतीरों को लम्ब स्वरूप करके उन
के ऊपर (उनकी उपरली वा निचली निकली
हुई धार से) ईंटों की महराव लगानी। लोहे
की सड़क के पुलों पर जहां रेल शहतीरों के
ऊपर लगाई जाती हैं, (शहतीरों के) अन्तर्व-
र्ती स्थान को नय की हुई लोहे की चद्दरों से पा-
ट सकते हैं और इससे व्यय का भी बहुत बचा-
व होता है। जो पुल साधारण गाड़ीयें और पै-
दल के निमित्त हैं उनके पटाव के लिये ढलवें
लोहे की पट्टी भी व्यवहृत होती है; प्रति वर्ग
फुट २॥ मन बोझ वाली सड़क के लिये —
४' × २' × $\frac{3}{4}$" इञ्च की पट्टी उपयुक्त होगी। बड़े
और दृढ़तर पटाव की रीति खड़वां लोहे के शह-
तीर के पुलों के वर्णन के साथ लिखी जायगी;
और अब इसी प्रकार पुलों का वर्णन आरम्भ क-
रते हैं, क्योंकि यह ढलवां लोहे की अवधि है
जिससे आगे उसके प्रयोग मे न स्थापित के वि-
षय न व्यय के विषय लाभ है। इसमे सन्देह

नहिं कि घड़वां लोहा ढलवां लोहे की अपेक्षा महंगा है, पर जो कि उसके प्रयोग मे बोझ का लाघव होता है, इसलिये यद्यपिभाव मे अधिक देना पड़ता है, पर बोझमे बचत होतीहै।

११६। पुलमे घड़वां लोहे के प्रयोग केलिये उसकी पतली चद्दर वा पट्टीयों को जोड़ कर उसे अभीप्सित आकार का बनालेते हैं। घड़वां लोहे के पुल उनके शहतीर के आकार की विभिन्नता से मुख्य चार प्रकार के होते हैं; यथा,

१। पट्टों के शहतीर[1] वाले पुल। इस प्रकार पुल के शहतीरों की उपरली और निचली धार लोहे की ठोस पट्टी से ऊपर२ अन्तर पर संयुक्त होती हैं।

२। नलाकार शहतीर[2] वाले पुल। इस प्रकार पुल के शहतीर चतुष्कोण लोहे की नल के बनते हैं; ऐसे दो वा तदधिक शहतीर पर सड़क टिकती है और कहीं२ नलके भीतर भी सड़क बनाई जाती है।

३। कर्णवान् शहतीर[3] वाले पुल। इन शहतीरों की उपरली और निचली धार कर्णाकार पट्टीवा T आकार लोहे से संयुक्त होती हैं जि

(1) Plate Girder (2) Tubular or box gir
(3) Trellis Girder

नके द्वारा दबाव मध्यमे न पड़कर स्तम्भ पर पड़ता है। इस प्रकार शहतीरकी न्याई "बा- रन और केनाड" साहब निर्मित त्रिकोणाकार शहतीर भी होता है।

४। जालाकार[1] शहतीर वाले पुल। इन शा- हतीरों की उपरली और निचली धार लोहे की पट्टीयों से, जो एक दूसरे पर आड़ी वा तिर्छी × जड़ी हुई होती हैं, संयुक्त होती हैं; और स- ड़क या तो इन शहतीरों के ऊपर लगाई जाती है या उन के नीचे लटकाई जाती है; प्रथमोक्त प्रथा श्रेष्ठ है।

पट १२ मे कई एक प्रकार लोहे के शहतीर दृष्ट होंगे

१२०। पट्टी के शहतीर- धार लोहे के पत्रों की बनती हैं, और १ इन्च व्यास वाली गड़वां लोहे के काबले से जोड़ी जाती हैं। संयोजक जाल भी लोहे के पत्रों के होते हैं। कोण विशि- ष्ट लोहे के पत्रे ∟ जाल और धार के संयोजक होते हैं। इन तीनों की मोटाई शहतीर के आकार और भार पर निर्भर करती है। यह स्प- ष्ट है कि सब शहतीरों पर भार के पड़ने से ऊ

(1) Lattice Girder

परली निचलीके निकट बनी होगी; सो जिससे वे अपने स्वस्थानमे रहें झुक नसकें इसलिये संयोजक जाल की आवश्यकता है। जालमे अधिकतर दृढ़ता सम्पादन के लिये शहतीर की सारी लम्बाई मे कुछ२ अन्तर पर धार की लम्ब दिशा मे खड़े पत्रे वा ठेकी लगाई जाती हैं; इन ठेकीयों का परिच्छेद ऐसा होना चाहिये कि जो भींच के दाब को रोकसके। शहतीर के परिमाणादि के विषय मे, परीक्षा और गणना से यह निर्धारित हुआ है कि पाटकी द्वादशांश गहराई श्रेष्ठ है। उपरली धार ऐसी होनी चाहिये कि उसका परिच्छेद केवल भींच के दबाव कोहि न रोकसके, वरञ्च उसका आकार भी मुड़ने वाला न हो। यह पहिले कहा गया है कि चड़वां लोहे मे खेंच का दबाव निरोधक बल, भींच के दबाव निरोधक बल की अपेक्षा प्राय डेढ़ गुण होता है, अतएव तत्वतः उपरली धार का परिच्छेदमान निचली धारके परिच्छेदमान से डेवढ़ा होना चाहिये, पर व्यवहार मे इस बात मे बचत देखी गई कि संयोजक जाल और ठेकी भींच के द-

बाव का कियदंश सहारे, और उपरली धार नि-
चली धार की अपेक्षा केवल नदीय अंशांश ब-
ड़ी हो। भिन्न२ अवस्था में भिन्न२ परिच्छेदों
का व्यवहार है; जो साधारण हैं ऐसे कई ए-
क परिच्छेदों के चित्र पट ४ में दृष्ट होंगे।
जो कि ढलवां लोहा भींच के दबाव को घड़वां
लोहे की अपेक्षा अधिक रोक सकता है इस
हेतु ऐसे शहतीर भी बनाए गये हैं कि जिन
की निचली धार और जाल घड़वां लोहे के ये
और उपरली धार ढलवां लोहे की। परन्तु
इस प्रकार शहतीर में कई दोषों की सम्भाव-
ना है; यथा- १म, लोहा अच्छा न ढलाजा-
वे; २य, ढलवां लोहे में अचानचक भङ्ग
आजावे; ३य, आन्दोलन अर्थात् झोके को
यह ऐसा नहि सह सकता जैसा कि घड़वां
लोहा; ४ र्थ, शीतोष्मता के न्यूनाधिक्य से
उभय प्रकार लोहे की विस्तृति समान नहि हो-
ती और इससे किसी अंश में अनपेक्षित और
अचिन्तित दबाव और तज्जन्य भङ्ग आसकता
है।

(११) शहतीरकाबल निर्धारणकेलिये

हम इस पूर्वोक्त ध्रुवे से काम निकाल सकते हैं ब = $\frac{धगन}{प}$; केवल न के मूल्य को (जो ढलवां लोहे के निमित्त २८ है) घड़वां लोहे के निमित्त ५५ ग्रहण करना होगा। अथवा (इससे भी श्रेष्ठ) दूसरे ध्रुवे, द = $\frac{बप}{८ग}$, को ग्रहण कर सकते हैं, पर यहां द को एक धार पर दबाव समझना होगा, प = पाट, और ग = गहराई, ब = समान विछाहुआ सारा बोझ, इससे द का मूल्य निकल आता है, और जो कि शहतीर को यह दबाव रोकना पड़ेगा इसलिये व (वा उसके मूल्य) को हम ध (धार का परिच्छेदमात्र) गुणित प्रति वर्ग इञ्च पर हानि रहित व्यवहारिक दबाव जो घड़वां लोहेमें ५* टन (१३५ मन) है समझेंगे। इससे ध का मूल्य निकल आता है जिसके अनुसार पटीयों को लगाना चाहिये। ग, जैसा कि हम पहिले कह चुके हैं, पाट का द्वादशांश होना चाहिये।

१२२। उल्लिखित ध्रुवे के प्रयोग का एक उदाहरण प्रदर्शित होता है। एक रेल के पुल का पाट ५१ फ़ुट ४ इञ्च है; परिच्छेद उसका शहतीर के मध्य में पट १४ के १ चित्र में प्रदर्शित हुआ

* जोड़े हुए पत्रों में ५ टन, क्योंकि कील के छिद्र जन्य उर्बलता के निमित्त कुछ छोड़ देना चाहिये।

है।

अब पहिले ध्रुवे $ब = \frac{ध ग न}{प}$ को अवलम्बन करके, ध का मूल्य यह है -

२ पत्रे = २२ × १/२ इञ्च = २२ इञ्च

२ कोण विशिष्ट लोहा =

(३ १/२" + ३") × १ = ६·५ "

समष्टि - २८·५ इञ्च

ग = ६ फुट, न = ७५, प = ५१' ४" = ६१६"

$ब = \frac{२८·५ × ७२ × ७५}{६१६}$ = प्राय २५० टन = प्राय ६८३० मन।

शाहतीर के प्रत्येक जोड़ पर सारा बोझ होगा

टन

छड़वां लोहे का बोझ प्रत्येक पाट पर ४७/२ = २३·५

पटाव और कड़ीयों मे काष्ठ का बोझ = ९·२५

रेल का बोझ .... = १·१५

चिलीएं बोझ प्रति फुट १ है टन = ६·५

समष्टि बोझ, प्रत्येक जोड़े शाहतीर पर ४० टन जो एक शाहतीर के मध्यमे २५ टन के तुल्य है; यह तोड़ने वाले बोझ का दशमांश मात्र है।

हमारे दूसरे ध्रुवे से $द = \frac{ब प}{८ ग} = \frac{२५० × ५१}{८ × ६}$ = प्राय २६४ टन जिसके लिये प्रति वर्ग इञ्च ४ टन के हिसाब

१३·५ वर्ग इञ्च परिच्छेद मान की आवश्यकता है। इस पुल में परिच्छेद मान १८ इञ्च है सो यथेष्ट है क्योंकि वास्तव दबाव निचली धार के परिच्छेद के इञ्च प्रति १·२ टन मात्र है।

१२३। सड़क निर्म्माण के लिये यह बात श्रेष्ठ है कि रेल प्रधान शहतीरों पर ही लगे जब कि अन्तर्वर्त्ती स्थान ढलवां लोहे के प्रकारों-के किसी उपाय से पाट दिया जा सके परन्तु स्पष्ट है कि यह रीति छोटे पुलों के हि उपयोगी है। साधारण रीति यह है कि प्रधान शहतीरों पर प्राय तीन तीन फुट के अन्तर आड़े शहती-र लगाये जाते हैं और उनके ऊपर रेल युक्त लकड़ी के शहतीर (लम्बाई की दिशा मे) जड़े जाते हैं, आड़े शहतीर कभी २ ढलवां होते हैं, परन्तु प्रायशः जड़वां लोहे के होते हैं परिच्छेद उनका प्र-धान शहतीर के परिच्छेद की न्याई होता है, पर उ-ससे छोटा। इनके बल की गणना में सब्बों को ध्रुव हि अवहत होते हैं; बोझ प्रत्येक आड़े शहतीर पर, दूसरे आड़े शहतीर से उसके अन्तर को पुल की चौ-ड़ाई से गुणन करके उसे प्रति वर्ग फुट पर बोझ से गुणन करने से, निकलता है। आड़े शहती-

रों को प्रधान शहतीरों की उपरली धार पर अ-
थवा निचली धार के ऊपर वा नीचे जड़ते हैं। प्र-
थमोक्त प्रकार मे संयोजक काबलों की दृढ़ता
इतनीहि यथेष्ट है कि पदार्थ स्थायी रहे। पर शे-
षोक्त प्रकार मे काबलों को आड़े शहतीर पर सा-
रे बोझ के तुल्य खेंच के बल को रोकना पड़ता है,
यथा, किसी आड़े शहतीर पर बोझ यदि २० टन
= ५४० मन हो तो सारे काबलों का, जिनके द्वा-
रा वह प्रधान शहतीर से लटका हुआ है, व-
र्ग मान किसी अवस्था मे ४ वर्ग इन्च से न्यून न
होना चाहिये, बरुदा इससे द्विगुण वर्ग मान र-
खना चाहिये। काबले का बल उसके परिच्छेद
मान से गणना करने मे यह अवश्य माना गया
है कि उसके दो टुकड़े होने तक खेंच सूत्र उस-
का न टूटे; इस विषय का वर्णन आगे होगा।
एक दूसरी साधारण रीति आड़े शहतीरों को
प्रधान शहतीरों से युक्त करने की यह है कि
उन्हे शेषोक्त के जाल मे, कोण विशिष्ट लोहे वा
बेंठनी से जो जाल के साथ वा दोनो शहतीरों
की धार से अथवा उभय से बांधी जाती है, ल-
गा देते हैं पट १४ मे देखो।

[9] Bracket

(२४। सीधे शहतीर के बनाने की यह रीति है कि सिरे से बीच की ओर कुछ उठाव (कैम) दे देते हैं, ताकि अतिचार हो कर वह झोला न हो जाय। इस अतिचार का परिमाण निम्नलिखित धुवे से, सेतु निर्माण की कल्पना के समय ही, निश्चित कर लेना चाहिये -

$$अ = ०.००००१९ \frac{बप^३}{धग^२}$$

यहां अ = पाट के बीच मे अतिचार
ब = सारा बोझ टनों मे
प = पाट
ध = धार का परिच्छेद मान
ग = शहतीर की गहराई

(२५। नलाकार शहतीर, पट्टों के शहतीर का प्रकार भेद मात्र है, अतएव उसका वर्णन दीर्घ न होगा। एक नलाकार शहतीर दो पट्टों के शहतीरों के तुल्य समझा जा सकता है जिनकी धार ऐसी चौड़ी है कि वे ऊपर और नीचे परस्पर मिलती हैं। यूरोप मे ऐसे कई पुल हैं कि जिनके नलाकार शहतीर की निचली धार पर सड़क स्थापित है, अर्थात् सड़क नल के भीतर होकर गई है, पर वे धार दृढ़ता के निमित्त

स्वयं स्वतंत्र नल विशिष्ट हैं। और पुलों में दो वा अधिक नलाकार शहतीरों पर सड़क संस्थापित ऊई हैं; पर ये शहतीर उतने बड़े नहिं हैं जितने कि वे जिनके मध्यमार सड़क गई है। ये दोनों प्रकार शहतीर उन्हीं पुलों के उपयोगी हैं जिनके पाट बड़े हैं। इनके बल की गणना उसी रीति से होती है जैसे कि पत्रों के शहतीरों की, सो यहां उसका पुन उल्लेख अनावश्यक है।

(११९) कर्णवान शहतीर कई भांति के हैं। इस देशके लिये वारेन साहेब का आदर्श बड़ा उपयोगी है। पश्चिमदेशीय लोह वर्त्म पर इस प्रकार शहतीर बहुत व्यवहृत ऊए हैं; और जो कि इन शहतीरों में कई गुण हैं, अर्थात इनके निर्माण में बहुत खलफेड़ा नहिं, व्यय भी अपेक्षा कृत अल्प है और इनको एक स्थान से अन्य स्थान पर उठाले जाना भी कठिन नहिं, इसलिये आश्चर्य नहिं कि साधारण सड़क के पुलों पर भी इनका व्यवहार बहुत फैलजावे वारेन साहेब के शहतीर में ऊपर की और निचली धार के स्थान में यौगिक शहतीर होते हैं जो कर्ण-

कार पटीयों के द्वारा संयुक्त होते हैं इन पटीयों से समविबाहु त्रिकोण बनते चले जाते हैं। सड़क इन शहतीरों के ऊपर, नीचे, वा बीच में किसी स्थान पर लग सकती है। यदि ल= लम्बाई और क= दबाव कर्णाकार पटी पर, ब= समान बिछा हुआ बोझ, और ग, य, और द पूर्ववत्, तो मध्य में $द = \frac{ब य}{२ ग}$ पूर्ववत्; और $द_1 = \frac{ब ल}{४ ग}$ जो उस बिन्दु से लेकर जिस पर बोझ पड़ा है सारी कर्णाकार पटीयों पर समान रूप पड़ेगा, पर एक पर भींच का दबाव दूसरी पर खेंच का। और किसी और बिन्दु पर जिसकी दूरी लम्ब से य है दबाव जानना हो तो (१५४ पत्रे की टीका के अनुसार) $द_1 = \frac{ब}{२ ग य}(ल य - य^2)$; और किसी अन्य कर्ण के निमित्त $द_1 = \frac{ब ल र}{ग य}$, जहां र कर्ण के मूल से शहतीर के मध्य का अन्तर है जो व कि ब शहतीर के ऊपर है, व यदि शहतीर के नीचे हो तो र कर्ण के उपरले सिरे से शहतीर के मध्य का अन्तर है। अन्यान्य भांति के जो कर्णवान शहतीर हैं उनकी गणना भी इसी प्रकार से होती है।

१२७। जालाकार शहतीर लोहे के कैसे हैं

होते हैं जैसे कि काष्ठ के और प्रथमोक्त के नहि दोष हैं जो कि शेषोक्त के अर्थात् इनमे जोड़ बहुत होते हैं और (लोह काष्ठादि) द्रव्य का बहुत अपचय होता है; इनकी दृढ़ता भी न्यून होती है; अतएव इनका अधिक वर्णन अनावश्यक है।

१२८। (लोहमय) शहतीर के सिरे ढलवां लोहे के पत्रे पर जो खम्भ मे प्रोथित होता है टिकाये जाते हैं और शीतोष्णता के न्यूनाधिक्य से धातु जो सङ्कुचित विकसित होता है उसके निमित्त एक सिरे को या तो ढलवां लोहे के लुढ़कन[1] पर या सछिद्र पत्रों पर टिकाते हैं।

लोहे के महराबदार पुल

१२९। कुछ बरसों से लोहे के महराबदार पुलों के बनाने का व्यवहार लोप प्राय होगया। पर जहां सौ दृश्य और व्यय का लाघव दोनो अभीप्सित हैं वहां महराब के तुल्य और कोई आकार नहि। गढ़वीं लोहे की[2] महराब प्रायशः प्रलम्बित सेतु और धनुषाकार सेतु मे होती है। प्रकृत महराब ढलवां लोहे की अच्छी होती है।

(1) Rollers (2) Bow String

प्रथम प्रथम यह समझा गया था कि धातुम-
यी महराब की साम्यावस्था भी चिनाई की
महराब सम्बन्धीय नियमों के अधीन है; प-
रन्तु जहां पुलके बोझ के सम्बन्ध से गति विशि-
ष्ट बोझ का परिमाण बहुत अधिक है जैसे कि
सारे रेल के पुलों मे, और यह देख कर कि म-
हराब के जिन भागों मे बोझ पड़ता है वे का-
बलों से दृढ़ बने हैं, उक्त मत अब परित्यक्त हो
गया।

१३०। प्रतीत होता है कि जालाकार और प-
त्रों के शहतीरों की सीधी धार और जाल के गु-
ण धातु की महराब मे भी हैं। यथा, महराब की
चोटी पर ठीक उतना ही पड़ा दबाव है जितना
कि समान पाट और बोझ और उच्चमध्य के
तुल्य गहराई वाले सीधे शहतीर पर होगा:
और महराब की चूड़ा पर पड़ा दबाव निर्धार-
ण करने के निमित्त यदि ध्रुवा $द = \frac{\text{बप}}{\text{८ग}}$ काम
मे आता है। फेर चूड़ा से स्तम्भ पत्र की ओर
ज्यों २ बढ़ते जांय त्यों २ महराब का अक्ष; जा-
लाकार वा पत्रों के शहतीर के जाल का स्थाना-
पन्न होता है और स्तम्भ पर महराब की स्पर्श

रेखा यदि खड़ी दिशा में हो तो उस स्थान का अ-
ङ्ग सम्पूर्ण रूपसे उसी नियम के अधीन होता
है जो कि सीधे शाहतीर के सिरे पर खड़ी ठे-
की सम्बन्धीय है।

१३१। गणित से निश्चित हुआ है कि जिस लो-
हे की महराब पर स्थिर बोझ मात्र है उसका आ-
कार समानान्तर वक्र का होना चाहिये। और जि-
स महराब पर गति विशिष्ट भार पड़ता है, और म-
हराब स्वयं भार शून्य समझी जाय, तो वह अण्डा-
कृति होनी चाहिये, परन्तु व्यवहार में जहां मह-
राब का बोझ भी अवश्य ग्रहीत होता है, महराब
का वक्र समानान्तर और अण्डाकृति के मध्य में
होना चाहिये यदि स्थिर बोझ अधिक हो तो उस-
का आकार समानान्तर वक्र के निकटतर और
यदि गति विशिष्ट बोझ अधिक हो तो उसका आ-
कार अण्डाकृति के निकटतर हो। ढलवां लो-
हे का साधारण महराबदार अङ्ग तीन टुकड़ों
का होता है १ म महराबदार अङ्ग स्वयं जो क-
ई ढलाव से बनता है और बड़वां लोहे के वि-
वध न कावलों से संयुक्त होता है। २ य शाहती-
र जो सड़क को धारण करता है और जिसका द-

वाव प्रकृति साधारण शहतीर के नियमाधीन है। इस कच्चर जिन्हें जालाकार शहतीर का प्रकार भेद समझना चाहिये। इन अङ्गोंकी जितनी संख्या प्रयोजनीय हो उन्हें यथास्थान बैठाकर परस्पर सङ्गठित करदेना चाहिये; फेर उनके ऊपर सड़क का पटाव रखना चाहिये। परिच्छेद महराव दार अङ्गोंका (चाहे वे ढ़लवां लोहे के हों चाहे गड़वां के) प्रायशः वहि होता है जो कि सीधे से सीधे प्रकार पञ्जों के शहतीर का है अर्थात परिच्छेद I

(२२। मूल- कल्पनाकरो कि एक ढलवां लोहे की महराव पर जिसका पाट १०० फुट का है दोहरी लैन रेलकी लगती है; बोझ प्रलका १ फुट लम्बाई में ३.५ टन है, गतिविशिष्ट बोझ १ टन है और उत्क्रमज्या ८.५ फुट है। अङ्ग इस प्रकार से सङ्गठित हैं कि उन पर केवल सीधा दबाव पड़ता है। तो, जैसे कि ऊपर कहा, चूड़ा पर दबाव होगा $द = \frac{न प}{८ ग} = \frac{(४.५ \times १००) \times १००}{६८}$ = प्राय ६६२ टन; और दबाव के प्रति ढलवां लोहे का व्यवहारिक विरोध प्रति वर्ग इञ्च यदि ५ टन ग्रहण करें तो चूड़ा पर

सारा परिछेद मान होगा $\frac{६६२}{·५}$ = १३२·४ वर्गइञ्च। सो यदि २ अङ्ग हों तो प्रत्येक का परिछेदमान ५० वर्ग इञ्च करना चाहिये ताकि ढलाव के दोष वारणार्थ कुछ अधिक बल रक्खा जाय। यह परिछेदमान चित्र १० अनुसार दिया जासकता है।

(चित्र १०)

स्तम्भ के पास आड़े परिछेद पर भींच का दबाव होगा -

$$भ = \sqrt{द^2 \times \frac{ख^2}{४}} = \sqrt{(६६२)^2 + (४·५ \times ५०)^2}$$

= प्राय ६९५ टन, जिसे १३९ वर्गइञ्च परिछेदमान आवश्यक है। सो इस स्थान पर अङ्गों को १′ ६″ गहरा करना उचित है, और सब परिमाण वैसाहि रहे। अङ्ग यदि गड़वां लोहे के हों तो भींचका दबाव ४ टन के हिसाब लेना चाहिये, इसहेतु अङ्गोंका परिछेदमान भी कुछ अधिक हो जायगा। महराबदार अङ्गों के और

पुर्ज़ों का वर्णन अनावश्यक है।

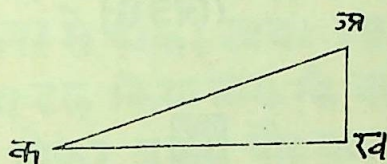
(२३) महराब के दोनों सिरे को यदि विवचन-पट्टीयों से बांध दें, तो खम्भों पर पड़ा धक्का कुछ भी नहीं रहता; तब विवचन-पट्टीयों पर खिंच कूट़ा पर पड़े दबाव = $\frac{\text{व प}}{\text{८ न}}$ के तुल्य होजाता है। धनुषाकार शहतीरों से सड़क सर्वदा महराबके नीचे खड़े डण्डों से लटकाई जाती है; इन डण्डों के निचले सिरे मोटी कील द्वारा विवचन पट्टीयों से युक्त होते हैं और इसीसे वे अपने ठीक अन्तर पर रहते हैं। सड़क के आन्दोलन के वारणार्थ महराब और विवचन डण्डे कभी २ (कर्णाकार) बन्दों से भी युक्त होते हैं।

(२४) प्रलम्बित सेतु निर्माण के मूलतत्त्व वैसेही हैं जैसे कि लोहे की महराबके, क्योंकि शृङ्खलका वक्र उल्टी महराबवत है पर दबाव इसमें खिंच का है भींचका नहीं। शृङ्खल यदि सम्पूर्ण नमनीय होती और केवल अपना भार-ही उसे सहना पड़ता तो उसका वक्र रज्जुवक्र[1] होता (अर्थात रज्जु के दो सिरे उस प्रकार बंधने से जैसा उसका वक्र होता है); उस पर यदि स्थायी बोझ होता तो समानान्तर वक्र होता, और जब

(1) Catenary

केवल अति विशिष्ट बोझ हो तब वह आवश्यक होती
होजाती। सामान्यतः उसे समानान्तर वक्र मान-
लेना सीधा है। प्रलम्बित सेतु दो वा चार शृङ्खलों
का बनता है; उन शृङ्खलों के सिरे दोनों ओर भूमि
वा शैलमे प्रोथित और दृढ़ आबद्ध होते हैं. मध्य
स्थानों मे स्तम्भ वा बुर्जों पर वे शृङ्खल रक्खे जाते
हैं; उन बुर्जों के ऊपर लोहे के लुढ़कन वा गद्दी
लगी रहती है, जिनके ऊपर उक्त शृङ्खल चढ़े हु-
ए होते हैं; स्तम्भों के अन्तर्वर्ती स्थान मे शृङ्खलों
का जो भाग लटका हुआ होता है उससे खड़ी उली-
यें लटकाती हैं; इन उलीयों से आड़े शहतीर ल-
गे हुए होते हैं, और इन शहतीरों पर सड़क होती
है। शृङ्खलें लोहे की पटीयों की होसकती हैं जो
नट्टवां लोहे की कीलों से परस्पर संयुक्त होती हैं;
अथवा बहुत से तारों को एकत्र करके जो उनकी र-
स्सी सी बनाते हैं वह भी शृङ्खलों का काम देती हैं,
वास्तव इन दिनों मे यही बहुत व्यवहृत होती है।
शृङ्खलों पर खिंच का दबाव उसी ध्रुवे से निश्चित
हो सकता है जो महराव के दबाव निकालने मे
व्यवहृत होता है; और यदि किसी पटी की दि-
शा पड़ी दिशा से कोण अ बनाती हो, और खिंच

मे अख उस बोझ ब, की निर्देशक है जो उस पट्टी को सहारता है तो खिंच ख = $\frac{ब_1}{ज्या अ_1}$, और समानान्तर बल के नियमानुसार शृङ्खल और उनमे लटकी हुई छड़ियों की लम्बाई निकल सकती है।

(चित्र २१)

पड़ा दबाव मध्य मे सर्वत्र $द = \frac{बप}{८न}$ है; और खिंच किसी बिन्दु पर $= \sqrt{द^2 + (बय)^2}$ यहां य = पाट के मध्य से उस बिन्दु का पड़ा अन्तर और $ब = \frac{ब}{प}$ = प्रति फुट लम्बाई बोझ। कल्पना करो कि ऐसी प्रलम्बित शृङ्खलें बनानी हैं कि जिन के मध्य मे १००० टन का दबाव हो तो व्यावहारिक परिछेद मान होगा $\frac{१०००}{५}$ = २०० वर्ग इञ्च। यदि दो शृङ्खलें हों तो प्रत्येक का परिछेद मान १०० इञ्च होगा; पर १० पट्टियें १ इञ्च मोटी और १० इञ्च गहरी लगाने से हो सकता है, पर उनके आगे ९ पट्टी १ है इञ्च

मोटी और १० इञ्च गहरी लगानी चाहिये, इसी प्रकार से एक बार १ इञ्च मोटी एक बार १ ½ इ-ञ्च मोटी बराबर लगाते जाना चाहिये। पटरीयों के सिरे को अधिक चौड़ा करना चाहिये जैसा कि चित्र २२ मे ताकि संयोजक कीलों को स्थान मि-ले।

(चित्र २२)

प्रलम्बित सेतुओं के प्रति प्रधान आपत्ति यह है कि उनकी स्थिरता सम्पादन कठिन है, अतएव वह रेलकी सड़क के योग्य नहि क्योंकि वहां ब-ड़ी चाल लगती है। परन्तु साधारण सड़क मे प्रलम्बित सेतु उपयोगी हैं; क्योंकि वे अल्पव्यय साध्य हैं और लघुभार होनेसे बड़े पाट के उपयु-क्त हैं; और पुलोंमे जो सब विघ्नोंकी सम्भावना है इनमे उस प्रकार विघ्नोंकी सम्भावना बहुत थोड़ी

है। पिछले दिनोंमे प्रस्तावित सेतुओं को रेल की सड़क के योग्य करने के निमित्त कई ऐसे उपाय अवलम्बन किये गये हैं जिनसे उनका स्थैर्य सम्पादित हो। अमरिका के नयाग्रा सेतु मे नीचे बन्द वा कैंची(1) लगाकर यह प्रयोजन सिद्ध किया गया है; परन्तु सर्व्वत्र यह उपाय ठीक नहिं। उत्तम उपाय यह है कि कर्णवान और जालाकार शहतीर की मुंडेर बनाई जाय जो बुर्जों के ऊपर से होकर जाय। इस शहतीर को यदि इतना दृढ़ किया जाय कि वह शृङ्खलों का अनाश्रित होकर अपना और पराव का बोझ सहार सके तो शृङ्खलों पर केवल गति विशिष्ट बोझ पड़ेगा और इसरीति से पुल बड़ा दृढ़ होगा। पर इसमे भय इतना है कि शहतीर और शृङ्खलों के असमान सङ्कोच विकाश की सम्भावना होने से सारा बोझ एक पर दूसरे की सहायता विना आपड़ता है।

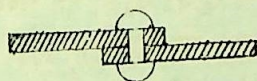
१३५। काबले, कील, चिटखनी प्रभृति संयोजक जो लोहे के पुलों मे अवहृत होते हैं, उनके उपयुक्त आकार और ठीक व्यास की भी कुछ विवेचना आवश्यक है। यद्यपि यह विष

(1) Brace

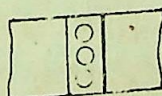
यह बहुत वर्णन सापेक्ष है पर ग्रन्थबाहुल्य के भयसे मुख्य दो एक बात मात्र यहां लिखी जाती हैं। यदि लोहे के दो पत्रे कील से ठोके जांय और उन पर भींच का दबाव पड़े तो कील के छेदों से अवस्था में उनके बल में कुछ अन्तर नहि आजाता, पर यह चाहिये कि कील से छिद्र का सारा स्थान रुका हो। यदि उन पर खेंच का दबाव पड़े तो सारे परिच्छेदमान में से छिद्रों के वर्गमान को काटकर जो बचे उसे व्यावहारिक अर्थात् कार्योपयोगी परिच्छेदमान समझना चाहिये। जोड़ पर दबाव को यदि द से निर्देश करें, स कीलों की संख्या हो, वि एक कील का व्यास हो, तो $वि = \sqrt{\frac{द}{३·१५१८ स}}$, धारक-पत्र(१) की चौड़ाई को यदि च कहें, म उसकी मोटाई तो दबाव $द = ५ च म - ५ वि म स = ५ म(च - वि स)$; वि का पूर्व निर्धारित मूल्य इस समीकरण में रखने से धारक पत्रे की चौड़ाई च निकलेगी। उक्त गणना से यह निष्पन्न होगा कि इकहरी अन्धो-सन्धि(२) ऐसी दृढ़ नहि होगी जैसा कि सारे पत्रे की सन्धि, पर यथोचित आकार और यथोचित संख्यक कील विशिष्ट धारक पत्र का व्यवहार श्रेष्ठ है (पत्रे का आकार और कीलों

(१) Covering plate (२) Lap joint

की संख्या उक्त गणना से निकलेगी) ये धारक पत्रे इस रीति से लगाने चाहियें कि शहतीर के ऊपर और नीचे की ओर सन्धि वैषम्य हो। मलम्बिन से- न से वि = $\sqrt{\frac{द}{२\cdot१४१६२}}$ पूर्ववत्; पर यहां स, कील को जितने परिच्छेदों मे विभक्त करने से सन्धि भङ्ग हो, उसकी संख्या है, अर्थात् = न्यूनतम संख्यक कड़ीयों का हिगुण। विभिन्न प्रकार जोड़ों के चित्र नीचे दिये जाते हैं -

(चित्र २३)

ऊर्द्धाधो सन्धि

(चित्र २४)

सारे पत्रे की ऊर्द्धाधोसन्धि

१३८। ढलवांलोहेकी पेचदार(१) कोठी। ये भी एक प्रकार लौह कूप हैं, भेद इतना है कि इनका व्यास छोटा अर्थात् प्रायः २ ३ फ़ुट का होता है; क्योंकि प्रकार से कई नल जोड़ी जाती हैं निचली नलके निचले सिरे मे ढलवां लोहेका पेच होता है जिसके द्वारा यह कोठी एक मन्त्र ऊपर से भूगर्भ मे प्रवेशित होती है। पाया कुछ ऊंचा होतो इस प्रकार तीन नल ऊपर नीचे (अर्थात खड़ी दिशा मे) जोड़ी जाती हैं; और दो नल बाहर की ओर तिर्छी लगाई जाती है ताकि वे ठेकी का काम दें; कुछ २ अन्तर पर लौह विबन्धन से सबौं को भले प्रकार जकड़ देते हैं। बम्बै से गुजरात को जो रेलकी सड़क गई है उसके पुलोंमे पेचदार कोठी बहुत व्यवहृत हुई हैं, इन कोठीयों पर वारेन साहेबके नमूने के शहतीर लगाये गये हैं; इन पुलोंका (सम्पूर्णोंका) व्यय, रेलकी दोहरी लैन के निमित्त, प्रति फ़ुट लम्बाई १०० रुपये से ४०० रुपये तक पड़ा है; इनका पाट ६० फ़ुट, और पायोंकी सारी ऊंचाई ३० से ६० फ़ुट तक है॥

(१) Screw-piles

अस्थायी पुल।

१। स्थायी पुल बनाने के समय, अथवा इस प्रकार पुलके निमित्त समय, धन, वा चातुर्य्य के अभाव मे, अस्थायी पुल बनाने पड़ते हैं; अतएव इस प्रकार पुलोंका भी परिशेष मे कुछ वर्णन हे-या न होगा।

२। सेतुबन्ध (१)। यह यद्यपि प्रकृत सेतु नहि है, तथापि सेतु के स्थान मे काम देता है और असेतु नदी नाले के ऊपर यातायात का सुलभतम उपाय है। एतद्देशीय बहुत से नदी नाले प्राय शुष्क रह-ते हैं, केवल वृष्टि के समय उनमे कियत्क्षण जल प्रवाह होता है; उन पर जब तक स्थायी सेतु नब-ने, पक्का पथादि बना देना चाहिये ताकि रेत, की-चड़, प्रभृति के ऊपर गाड़ी खेंचने मे पशुओं को क-ष्ट न हो और पथिकों को भी क्लेश न मिले। इसे से-तुबन्ध वा गला कहते हैं। यह पथभाग साधार-ण सड़क से नीचा होता है; सलामी के द्वारा उस-से युक्त होता है; साधारण सड़क की न्याई ईंट, पत्थर, कङ्कर, वा कङ्करीट से पक्का बनाया जाता है; और जिससे उसकी धार जलसे उखड़ न जाय

(१) Causeway

इसलिये दोनों ओर उसके कुछ गहरी दिवाल ब-
ना दी जाती है, दिवाल का ऊपर ला सिरा उस ग-
ले की सड़क से मिला रहता है; अथवा मध्यावे-
त्ता किनारे पर गले की सड़क को अधिक गहरी-
कर देते हैं*।

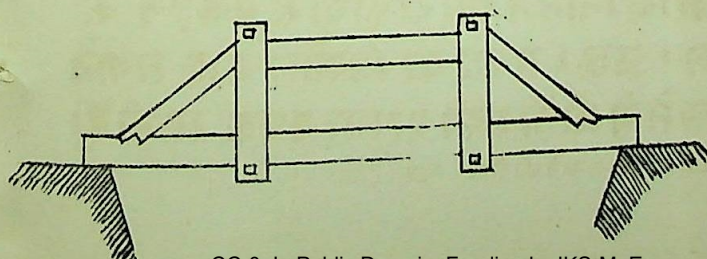
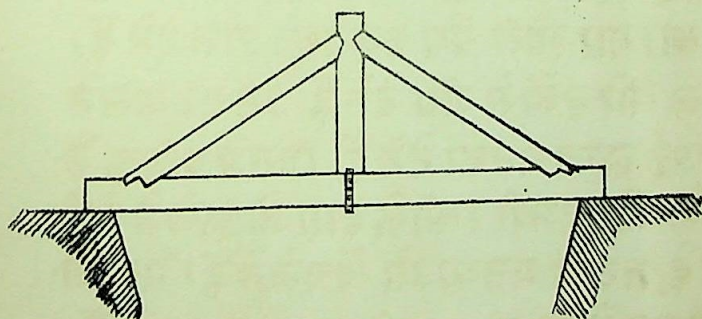
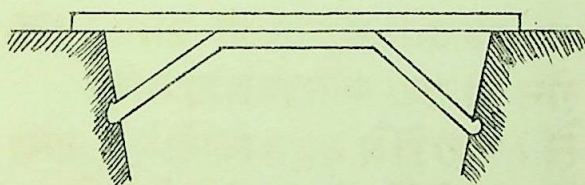
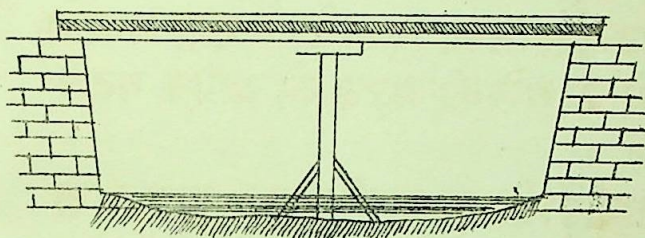
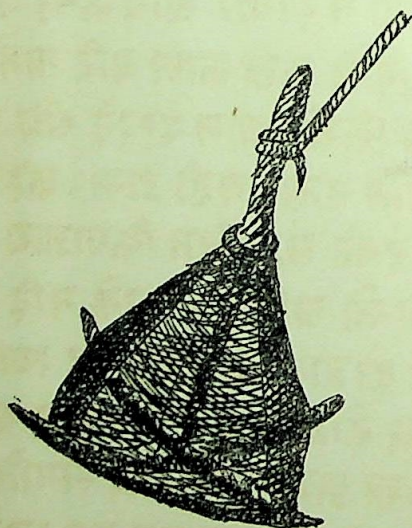
३। लकड़ी के अस्थायी पुल। इनके कुछ
चित्र पट १५ मे दिये गये हैं उनके देखने से हि उ-
नकी बनावट समझ मे आजायगी अतएव उनके
अधिक वर्णन की यहां आवश्यकता नहि।

४। झूले। पहाड़ों मे बहुत स्थानोंमे ये अस्था-
यी पुल का काम देते हैं। जिन नदीयों के दोनो तट
पर सीधे पहाड़ खड़े हुए हैं, उनके पार जाने के नि-
मित्त आर पार मोटी और दृढ़ रस्सी डाल देते हैं,
रस्सी के सिरे हतों से बांध देते हैं; उस पर पालने
की न्याई झूला लटका देते हैं, जिसमे पथिक बै-
ठता है, और दूसरी रस्सी के द्वारा जो झूले से बंधी
होती है, तटस्थ मनुष्य उसे खेंच लेते हैं। एक औ-
र रीति यह है कि तीन रस्सी आर पार डालते हैं
एक पैरों के निमित्त और दो हाथों से पकड़ने के
निमित्त। कुछ २ अन्तर पर त्रिकोण काष्ठ लगाते
हैं जिनसे ये तीनों रस्सी परस्पर पृथक् रहती हैं।

* "साधारण पथ बनाने की रीति" चित्र १ देखो।

पट १५

(पन्ना २१६)

लङ्का

स्पष्ट है कि ये झूले पशु वा गाड़ीयों के यातायात के योग्य नहि।

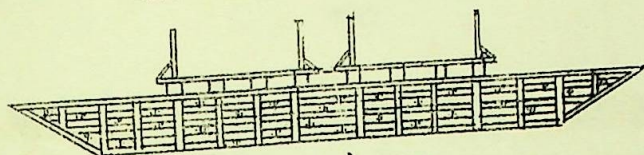
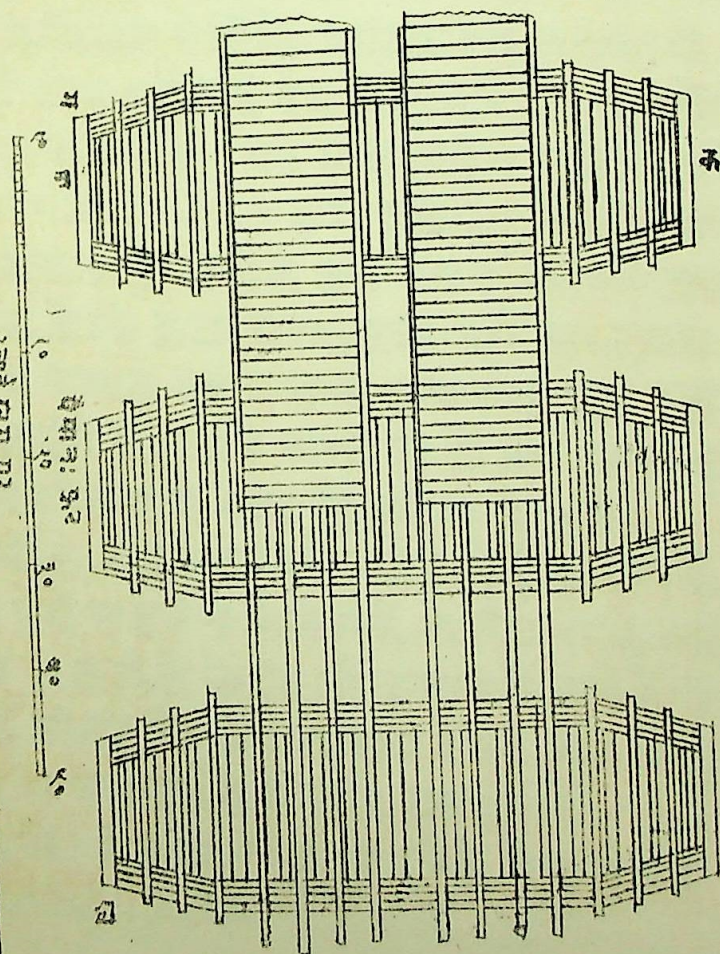
५। रस्सी और बांसके प्रलम्बित सेतु भी कहीं २ बनते हैं।

६। नाव के पुल। ग्रीष्म और वर्षा ऋतुओंके सिवाय (जब कि जल की वृद्धि से नदीएं उत्प्लावित होती हैं), सारे वरस इस प्रकार के पुल काय्योपयोगी होते हैं, अतएव इनके बांधने का कुछ वर्णन वृथा न होगा। अधिकन्तु पक्का पुल बनाने के पहिले कुछ काल यदि नावोंका पुल नदी मार्ग के किसी स्थान पर रहे और उस स्थान के तट पर प्रति वत्सर मट्टी डाल२ कर क्रमशः नदी की चौड़ाई को सङ्कुचित कियाजाय (परसङ्कोच की अवधि को अतिक्रम करके नहि) तो वहां स्रोत सीधा होजाता है, और वह स्थान पक्के पुल के उपयुक्त होजाता है। नौ- सेतु बनाने मे नावों को कुछ कुछ अन्तर पर लगाते हैं, ऊपर और नीचे की ओर लङ्गर डालकर उनसे नावों को बांध देते हैं। फेर एक नावसे दूसरी नावतक शहतीर डाल२ कर उनके ऊपर सड़क के तख्ते बिछा देते हैं। जहांतक होसके पुल मे

असमान नाव न लगानी चाहिये क्योंकि पुल पर बोझ आनेसे वे असमानरूप जलमग्न होंगी और फर्श सड़क का ऊंचा नीचा होजायगा बहुत बड़ी नाव हो सो उनके आकार की विभिन्नता से बोझ द्वारा उनके जलमग्न भाग मे बहुत अन्तर न आवेगा, पर छोटी नावों मे बहुत अन्तर आजाता है, सो नाव के आकार को विचार कर इस विषय का विधान करना चाहिये जिन नदीओं का जल आंधी वा ज्वार से बढ़ता घटता होता है उन पर आसमान पुल के बनाने मे प्रत्येक नाव के अङ्ग सञ्चालन को कुछ उपाय कर रखना चाहिये; नतवा पुल को बहुत कसा रखने से जलके हट वल से उसके टूट जाने का भय रहता है, इस निमित्त नावों के ऊपर मध्यस्थल के खड़े काष्ठ पर लकड़ी का ठेस[1] लगाते हैं; इस ठेस की लम्बाई पुल की चौड़ाई के अनुसार होती है। एक ठेस से दूसरे ठेस तक शहतीर लगाकर उनके ऊपर पटाव जड़ा जाता है। ठेस को कुछ छील कर उन पर शहतीर के सिरे के लिये स्थान बना देते हैं जिससे नाव के सञ्चलन से शहतीर भी आगे

(१) Trestle

पीछे होता रहता है। तो-सेतुके शहतीरों का परिच्छेद प्राय वर्गाकार होना चाहिये, क्योंकि चौड़ाई से गहराई यदि अधिक हो (जैसे कि एक्के पुल और गद्दादिक के छत मे) तो जलस्तोम के समय शहतीरों के एक पार्श्व को उलटजाने की सम्भावना है; और पड़े धक्के के सम्हालने के लिये बल भी अल्प होता है। शहतीरों की लम्बाई नावों के परस्पर अन्तर पर निर्भर करती है, और नावों का अन्तर उनके आकार, संख्या, और काष्ठ के बल पर निर्भर करता है। नाव यदि बड़ी और दृढ़ हों, और अच्छे लम्बे शहतीर मिल सकें तो तीव्र स्रोत मे नावों को जहां तक सम्भव हो अधिक अन्तर पर रखना चाहिये ताकि प्रवाह जहांतक होसके कम रुद्ध हो। यदि ८ इन्च × ६ इन्च के शहतीर के योग्य अच्छा काष्ठ मिल सके तो एक ठेस से दूसरे ठेस तक २० फुट अन्तर रक्खा जा सकता है; और २०।३० टन बोझ की नावों मे इससे भी अधिक। तट के सन्निकट जो नाव होती है उनपर उतरने चढ़ने के समय बोझ अधिक पड़ता है; इसलिये उचित है कि दो सबसे बड़ी और सुदृढ़ नाव

पुल का दोनों तट पर लगाई जाय। पुलपर सड़क की चौड़ाई यातायात के परिमाण पर निर्भर करती है। जहां यातायात बहुत है वहां पुल पर दोहरी सड़क होती है एक जाने के और एक आने के लिये; उन दोनों सड़कों के बीच मे पार्थक्य के लिये जंगला होता है। साधारण सड़क पर बड़े से बड़ा बोझ मनुष्यों के समूह का है जो प्रतिवर्ग फुट १⅓ मन वा ११० पौण्ड अनुमित होता है; इसमे तख्ते प्रभृति का बोझ १० सेर वा २० पौण्ड और जोड़ना चाहिये। सड़क यदि १८ फुट चौड़ी हो और एक नाव से दूसरी नाव तक २० फुट लम्बी तो प्रत्येक वारिहार के पटाव पर अधिकतम बोझ ५०,४०० पौण्ड होगा इसे ५ शहतीरों पर विभक्त करने से प्रत्येक पर १०,०८० पौण्ड पड़ेगा जो मध्यमे ५०,४० पौण्ड हुआ। शहतीर यदि साल काष्ठ के हों तो उनका परिच्छेद उक्त बोझ के लिये ८ इन्च वर्ग होगा, पर व्यवहार मे इससे कुछ अधिक रखना उचित है। पटाव २॥ वा ३ इन्च मोटा होना चाहिये, और पटाव के तख्तों को शहतीरों पर कर्णाकार जड़ना चाहिये, ऊपर ३ इन्च मही घास और लीद का रद्दा बिछा

चित्र जिससे सड़क के जकड़ने और स्लीपर लगाने की रीति ज्ञात होती है।

देना चाहिये। दोनों ओर लकड़ी के टुएडों का जङ्गला जो शृङ्खलों से युक्त हो लगादेना चाहिये, तट पर यदि नाव के तरने योग्य पानी न हो तो तट को पक्के घाट, वा लकड़ी के जाले, वा ठेससे युक्त करते हैं। जिन नदीयों मे कभी२ जल के बहुत ऊंचे होजाने की सम्भावना है, (यथा पर्व्वत सन्निकट देशों मे) वहां प्रत्येक तट पर दो खड़े काष्ट खएडों के ठेस चलिष्णु कूट[1] के सहित लगाये जाते हैं। यह कूट लोहे की खूंटियों पर लगता है, और तद्द्वारा इच्छानुसार ऊंचा नीचा हो सकता है नावों के पुल मे यह अत्यन्त आवश्यक है कि कुछ अंश उसका चलिष्णु रक्खा जाय अर्थात् जब नाव वा अन्य कोई वस्तु पुल के दूसरी ओर जाने वाली हो तो वह चलिष्णु भाग शीघ्रता के साथ खोलदिया जासके।

नावों के ठैराने के लिये लङ्गर लोहे के होते हैं, पर ऐसे लङ्गर न मिल सकें, तो चित्र २९ के अनुसार लकड़ी के लङ्गर भी बनालिये जाते हैं। इन के भीतर ईंट वा पत्थर भर देते हैं और मोटे रस्से वा शृङ्खलों के द्वारा ये युक्त होते हैं

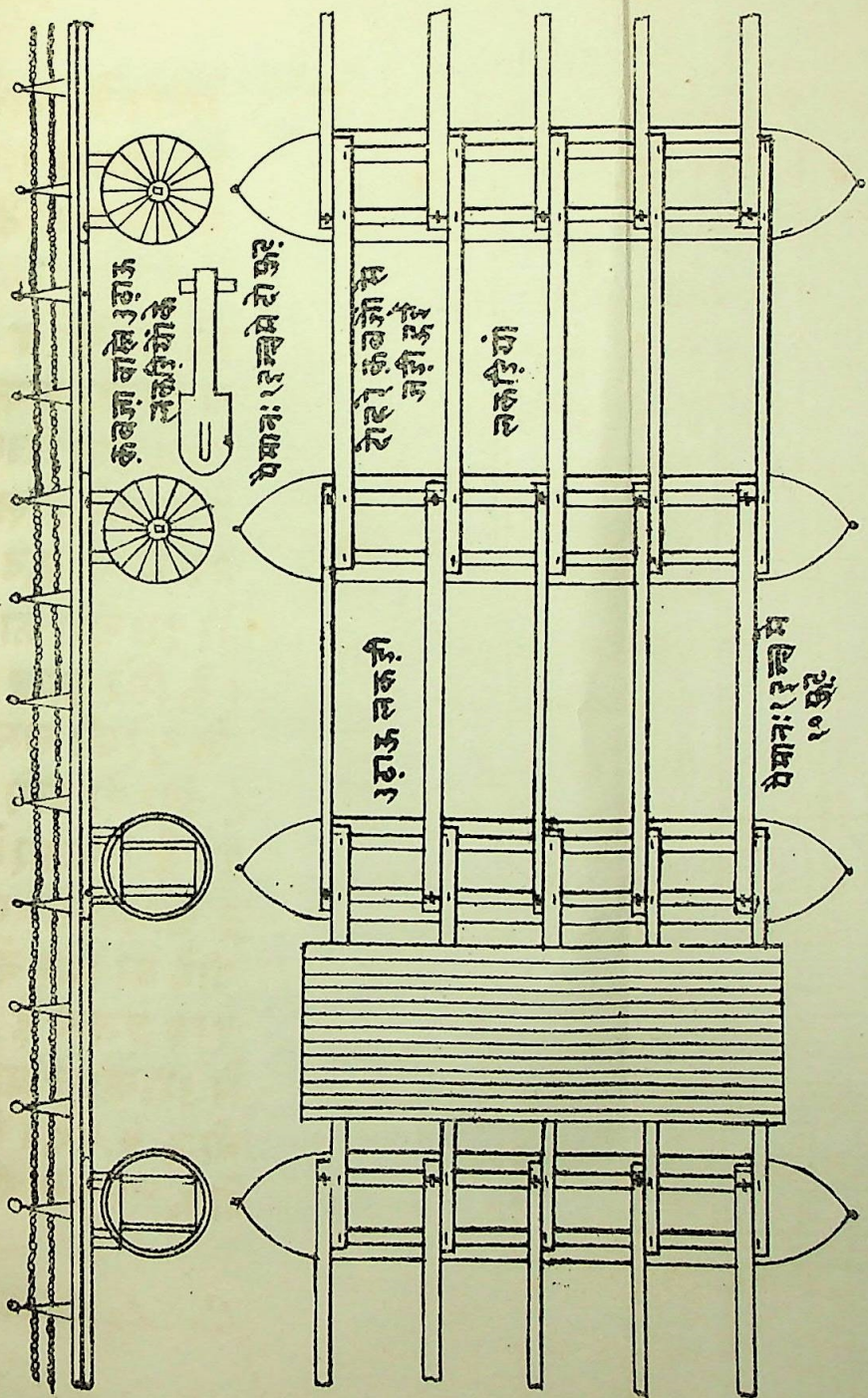
एक तो- सेतु का चित्र पट १ मे दिया गया है

(1) Ridge piece

७। पीपे के[1] पुल/ नाव के पुलों से श्रेष्ठ हैं; परन्तु प्रथम उनमे कुछ अधिक व्यय होता है। इस प्रकार का एक पुल आगरे मे यमुना पर है। उस पुल का वृत्तान्त यह है-

इस पुल मे ७० लोहे के पीपे लगे हैं (पट १८ मे देखो); उन के मध्य का परस्पर अन्तर १९ फुट ८ इञ्च है अतएव वह पुल १२३६ फुट लम्बा है। पीपे लोहे की चद्दर के हैं; लम्बाई उनकी ३० फुट की है; जिसमे २० फुट तो ठीक नलाकार गोल है और इस अंश का व्यास ५' ७.६" है; ५।५ फुट के सिरे कुछ समानान्तर[2] घनाकार हैं जिन के धुरे की लम्बाई ४ फुट है। सिरे के दो पीपे, और दो पीपे जिन पर आरम्भ का ऊंचा पड़ाव है, आकार मे वैसे हि हैं, पर लम्बाई मे कुछ अधिक हैं। पीपे का बोझ ५५१९ पौण्ड है। पीपे पर और बोझ न हो तो पानी मे १४.१२५ इञ्च डूबता है; और जितने पानी के स्थान मे उसका डूबा हुआ भाग रहता है उसका बोझ ५,५६२ पौण्ड गिना गया। सड़क का बोझ ७२४४ पौण्ड लगाया गया; अतएव-

(1) Pontoon Bridges (2) Paraboloids

पीपोंका पुल आगराका
क़बज़ा वाले उड़ाऊ लकड़ियों के
पैमानः १इन्चमे दो फ़ुट
दोहरे क़बज़ों से जड़ी हुई
लकड़ियां
उड़ाऊ लकड़ी
पैमानः १इन्च मे १० फ़ुट

पीपे का बोझ — ५५२९ पौण्ड
सड़क २४'×१६'८" — ७,९४४ "
समष्टि १३,४७३ "

इतना बोझ १५ इञ्च से कुछ अधिक गहरा पानी लेगा।* इस पर यदि ६,४६४ पौण्ड (प्राय ७९ मन) बोझ और पड़े तो आधा पीपा जल मग्न होगा; और इससे दूना बोझ पीपे को प्राय ६ इञ्च और डुबोवेगा यह बोझ १५८ मन अर्थात् प्रति वर्गफ़ुट सड़क पर २० पौण्ड हुआ; अतएव इसे यातायात के बोझ की अवधि समझनी चाहिये। पुल के एक पार्श्व से अन्य पार्श्व में नाव प्रभृति के जाने के लिये उसके खोलने का यह उपाय है कि दो पीपे जो औरों से कुछ लम्बे हैं उन का जाला पुल के दोनों ओर के भागों से चलिष्णु पटावों के द्वारा खुल जाता है यह चलिष्णु पटाव क़ब्जों के द्वारा अचलिष्णु भाग से युक्त होता है। चलिष्णु जाले पर दो लकड़ी जिनमें गरारी लगी

---

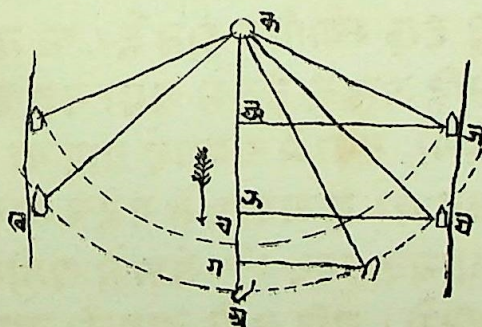
* एक घन फ़ुट पानी का बोझ ६२ ½ पौण्ड गिना जाता है। और यह नियम है कि जो वस्तु जितनी भारी होती है वह उतने ही बोझ के जल को हटाकर उसके स्थान में स्थित होती है। अतएव तरने वाली वस्तु को एक घन फ़ुट का बोझ जल के एक घन फ़ुट के बोझ से न्यून न हो तो वह तर नहीं सकती।

ऊई है खड़ी की जाती हैं उन पर रस्सीयों से चलिष्णु पटाव खेंच लिये जाते हैं। इससे यह उपाय सीधा होता कि चलिष्णु भाग के दोनों सिरे पर दो पीपे होते और एक बीच मे होता तो चलिष्णु संयोजक पटाव की आवश्यकता न होती पर इसके लिये स्थान अधिक चाहिये, यमुना मे शुष्क ऋतुओं मे इतना स्थान मिलना कठिन है; इसीलिये ऊँचीक उपाय अवलम्बित ऊआ है। प्रति पीपा कुछ कम डेढ़ सहस्र रुपया लगा; और सारे पुल का व्यय १०,८,३५० रुपया पड़ा।

८। चलसेतु[1] — यह बंधी नाव है जो पथिकों को लेकर निर्दिष्ट मार्ग पर आर पार जाती है। चित्र २८ मे अ नाव रस्सी द्वारा क पर बंधी है; क लङ्गर द्वारा दृढ़ स्थापित प्लव[2] है। ख तट से नाव छूटने से दि जल के वेग से अपार वह शीघ्र स्वयं आ पहुंचेगी; वहां से अपराई चाप पर तीन होकर ग तट पर अनायास से पहुंच जायगी तो मार्ग विधायक चाप ५० अंश से अधिक की न होनी चाहिये। यदि बड़ी चाप की जाय अर्थात् रस्सी छोटी की जाय यथा कच तो तट ज पर पहुंचने मे नाव को चक्र के समान चक्कई पड़ेगी

(1) Flying Bridge

(2) buoy

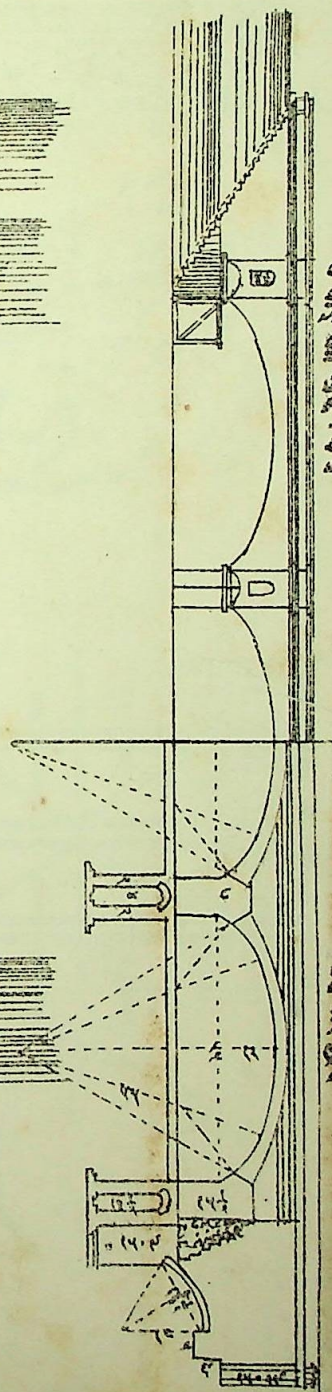
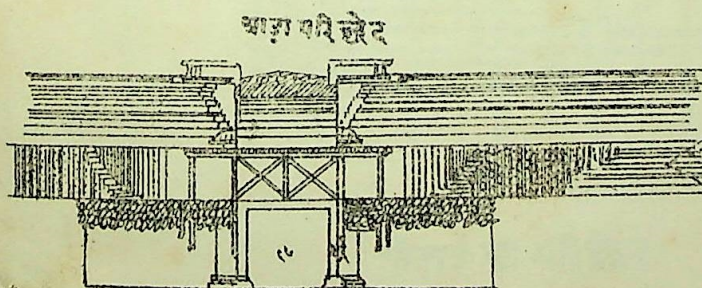
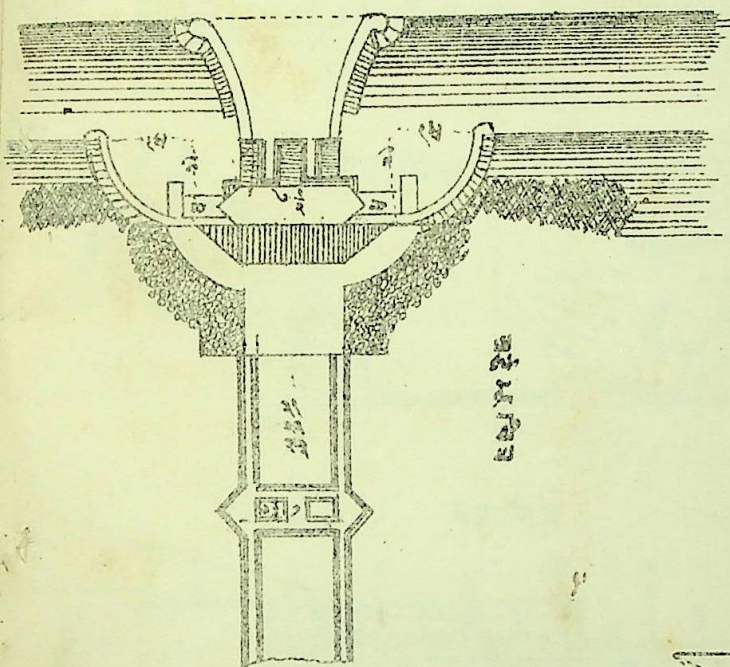
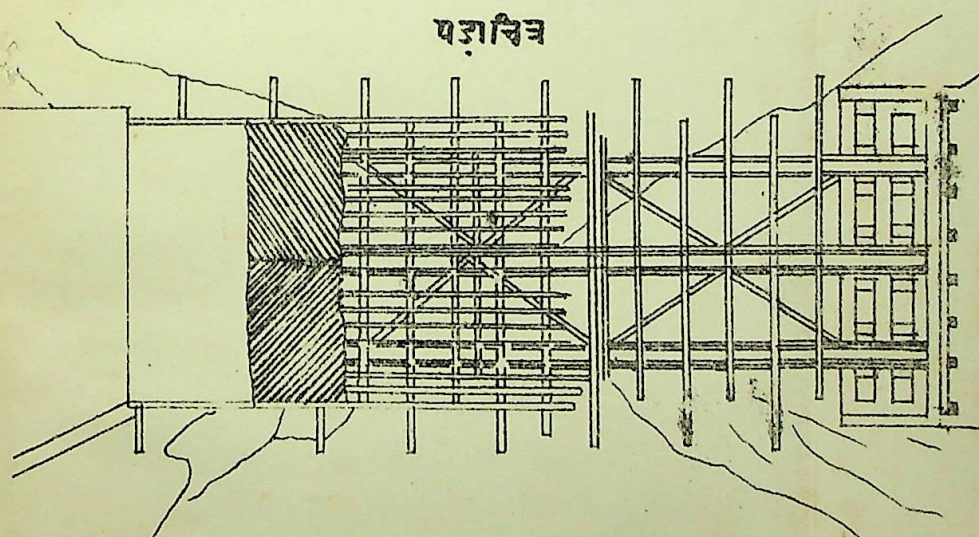
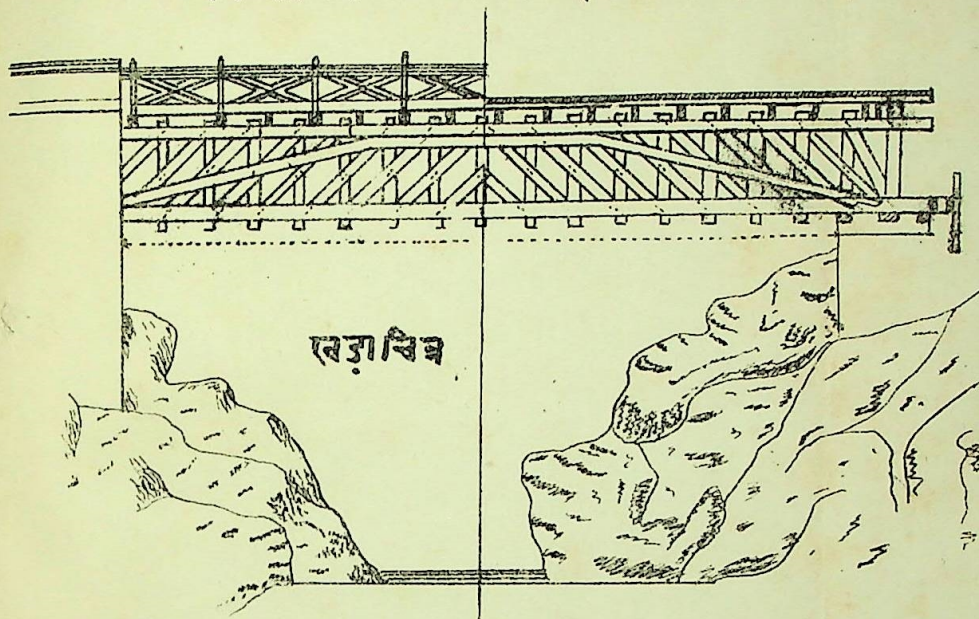
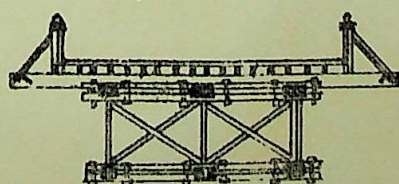
जो अक चढ़ाई अपेक्षा अधिक है। और कज को कख और खज मे विभक्त करने से दृष्ट होता है कि नाव खज बल से मध्यस्थल के साथ बह है, पर प्रवाह के विरुद्ध केवल कख बल से (जो प्रथमोक्त बल अपेक्षा अल्प है) बह है। परन्तु पूर्वोक्त मार्ग मे प्रवाह के विरुद्ध बल कक है जो कख से अल्प नहि है क्योंकि कोण अकख ४५ अंश से अधिक नहि है। जब बहुत लम्बी रस्सी की आवश्यकता हो तो अन्तर्वेगी सब लगाने चाहियें।

(चित्र २८।

गङ्गा की नहर का एक बड़ा पुल

आड़ा विच्छेद

चित्र एक पुल का जो रावलपिंडी मरी के सड़क पर है
खड़ा चित्र
पड़ा चित्र
चौड़ाई का परीछेद
पैमाना:
फ़ुट

ग्रन्थ कर्त्ता के विरचित विक्रेय पुस्तक

मूल्य बिना महसूल

सरल व्याकरण संस्कृत का, हिन्दी में ········ १)
लघु व्याकरण ········ तथा ········ ॥)
नवीन चन्द्रोदय, हिन्दी का व्याकरण ········ ।)
तत्त्वबोध हिन्दी ········ ॥)
उपनिषत्सार, संस्कृत हिन्दी ········ ॥)
लक्ष्मी सरस्वती संवाद, हिन्दी(१) (कन्याओं की पाठ पुस्तक)
नीति विषयक उपन्यास १ भाग ··· ≡)
धर्मनीति विषयक प्रश्नोत्तर १ भाग ··· ।)
सद्धर्म सूत्र - संस्कृत हिन्दी* ········ ≡)
तथा ········ अङ्गरेज़ी** ········ ≡)
स्थिति तत्त्व और गति तत्त्व हिन्दी ········ ।≡)
जलस्थिति, जलगति और वायु के तत्त्व हिन्दी ॥)
निर्म्माण विद्या प्रथम भाग साधारण निर्म्माण ॥)
तथा ······ द्वितीय भाग सड़क और पुल ·· १)
तथा ······ तृतीय भाग नहर - छप रही है

जिन्हें इन पुस्तकों में से कोई पुस्तक मोल लेनी होवे ग्रन्थ कर्त्ता के नाम, अथवा साहेब रेजिष्ट्रार पञ्जाब युनिवर्सिटि के नाम लाहोर में मूल्य सहित पत्र भेजें। डाकमहसूल प्रभृति भी प्रति पुस्तक -) के हिसाब से भेजें। सरल व्याकरण और इस पुस्तक के लिये ≡) महसूल भेजना चाहिये।

(१) यह पुस्तक क्यूरेटर गवर्णमेण्ट बुकडिपो लाहोर के पास से मिल सकती है।

* ** केवल ग्रन्थ कर्त्ता के पास से मिलेंगी।

Books by the author for sale at the Office of the Registrar, Panjab University, Lahore.

	Rs.	A.	P.
Elements of Statics and Dynamics in Hindi ...	0	6	0
Do. of Hydrostatics, Hydraulics and Pneumatics in Hindi ...	0	8	0
Civil Engineering Part I.—General Construction, Hindi,	0	8	0
Ditto Part II.—Roads and Bridges do. ...	1	0	0
Ditto Part III.—Irrigation Works, do. In the Press			
Sanskrit Grammar in Hindi in 3 Parts ...	1	0	0
Do. Practical do. in 2 do. ...	0	8	0
Hindi Grammar in 4 Parts ...	0	6	0
Tattva bodh, Essays in Hindi ...	0	8	0
Upanishatsar, selections from the Upanishats of the Vedas, with Hindi translation ...	0	8	0
[illegible] Pradaini Pattrika, a monthly Journal in Hindi on Science and Literature, &c.	0	2	0 per month

---